

Annales des sciences naturelles


VE RI
TAS



ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

SIXIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

PARIS. — IMPRIMERIE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. J. DECAISNE

TOME X

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
Boulevard Saint-Germain et rue de l'Éperon
EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE
1880

QUELQUES OBSERVATIONS

SUR LA

FLORE ALPINE D'EUROPE

Par M. GASTON BONNIER.

J'ai comparé les notes recueillies dans les excursions botaniques que j'ai eu l'occasion de faire, pendant la dernière saison, dans les Carpathes septentrionales, avec celles prises la même année dans les Alpes autrichiennes orientales et centrales. Je les ai rapprochées des observations que j'avais faites en 1873 dans les Alpes du Tyrol et de celles que m'ont fournies de nombreuses herborisations dans les Alpes françaises pendant plusieurs saisons. Comme l'a fait remarquer M. Alph. de Candolle, l'étude détaillée de régions limitées comparables peut fournir des données que n'offre jamais la considération générale des flores. Les résultats de cette comparaison m'ont paru pouvoir présenter un certain intérêt au sujet de quelques questions de géographie botanique. J'ai alors recueilli des renseignements complémentaires pour les contrées que j'avais visitées le moins longuement.

Je dois surtout remercier vivement M. A. W. Scherfel de Felkà (Hongrie), qui m'a donné sur la végétation des Carpathes de précieux renseignements. En outre M. Scherfel a eu l'amabilité de me communiquer le manuscrit de la seconde partie de son travail sur la flore des Carpathes du Nord; la première partie relative à la végétation des vallées inférieures a seule paru (1). J'ai pu ainsi contrôler les résultats que j'avais obtenus en un temps relativement court.

Mon compagnon de voyage dans les montagnes du Gross-Glockner, M. Rudolf Sedlacèk, a bien voulu m'aider en plusieurs cas dans mes observations.

(1) Scherfel Aurél, *Adalékok a Szepesi-Tátra, alhavasi és havasi virányának ismeretéhez* (Magyarországi Kárpátegylet Évkönyve, VI, 1879, p. 215).

Ces observations ont porté sur la distribution des végétaux et sur les modifications que subit une même espèce lorsqu'on se déplace en altitude. Je rendrai compte ici des premières.

Je n'ai pas la prétention, avec les matériaux que je possède, de rechercher par l'étude des plantes actuelles l'origine géologique des flores alpines d'Europe. Je me contenterai de rapprocher les uns des autres les faits observés, dans l'espoir qu'ils pourront être de quelque utilité dans l'étude des *conditions physiques actuelles* de la végétation alpine.

Comme la nature du sol est très variable dans les différentes régions que j'ai étudiées, il était essentiel de rechercher quelle est l'influence du sol sur la distribution des espèces; de nombreuses observations ont été recueillies sur ce point, notamment sur les relations qui se présentent entre la nature chimique du sol et la présence ou l'absence de certaines espèces.

Dans les trois régions des Alpes françaises, des Alpes autrichiennes et des Carpathes, j'ai choisi des groupes restreints de montagnes où la nature du sol soit sensiblement comparable. Dans chacune de ces localités j'ai dressé la liste des végétaux qu'on y rencontre, en notant pour chaque espèce sa fréquence relative, son extension en altitude, l'exposition du versant où elle croît; j'ai cherché en outre à recueillir pour certaines d'entre elles les données qui pourraient fournir quelque indication sur la quantité de chaleur reçue ou sur les conditions météorologiques générales au milieu desquelles elles se trouvent.

J'ai montré quels caractères communs on peut rencontrer dans les trois flores observées, en tenant compte de la fréquence relative des espèces. On reconnaît qu'on peut, par cette comparaison, caractériser certaines zones générales de végétation possédant des espèces communes très répandues dans les trois régions. D'autres observations ont porté sur les limites de ces zones, sur leurs variations d'une région à l'autre, d'un versant au versant opposé dans un même groupe de montagnes et aussi sur un même versant.

J'ai choisi de préférence les régions alpines, sans étendre

aux plaines le résultat de mes comparaisons ; de cette manière se trouvent éliminées les nombreuses causes d'erreurs qui proviennent des plantes introduites par les cultures; en outre, dans ces régions, on n'est pas troublé dans l'étude de la distribution des espèces par les cultures elles-mêmes (1).

Commençons par rechercher quelle est l'influence de la nature du sol.

I.

Influence de la nature du sol sur la distribution des végétaux.

Considérons d'abord la nature chimique du sol, à laquelle quelques auteurs attribuent une grande influence. Cette influence serait même absolue pour un certain nombre d'espèces, d'après plusieurs travaux publiés en ces derniers temps par M. Contejean (2). Sur cette question, les opinions ont été depuis longtemps partagées. J'ai cherché à recueillir à ce sujet un assez grand nombre d'observations pour voir si l'on pouvait attribuer une action directe à la présence ou à l'absence du carbonate de chaux dans le sol.

Pour faire cette recherche, il ne suffit pas de connaître d'une manière générale la nature minérale du terrain sur lequel croissent les végétaux observés. On se tromperait en croyant qu'on peut apprécier rigoureusement la répartition des plantes calcicoles et calcifuges d'une contrée par l'aspect de sa carte géologique. L'altération chimique de beaucoup de roches dites

(1) Je ne puis songer à citer ici tous les ouvrages ou mémoires à consulter sur de semblables études. Voici seulement les titres de ceux qui m'ont servi le plus :

Wahlenberg, *Flora Carpathorum*. — H. V. Mohl, *Vermische Schriften*. — A. de Candolle, *Géographie botanique*, 1855. — Christ, *Die Verbreit. der Pflanz. in der alp. Reg. der Alpenkette* (*Geogr. Jahrber.*, II, 1865). — Sonklar, *Die Gebirgsgruppe der Hohen Tauern*, Vienne, 1866. — Grisebach, *la Végétation du globe*.

(2) Voyez les divers articles de M. Contejean dans les *Annales des sc. nat.* et dans les *Comptes rendus*, entre autres le dernier paru : *Pourquoi l'on rencontre quelquefois les plantes du calcaire associées à celles de la silice* (*Comptes rendus*, 28 avril 1879).

siliceuses, par l'atmosphère, par la pluie ou par la nappe d'infiltration, peut transformer les silicates à base de chaux en carbonate de chaux. Des sables originairement composés de silice pure, qui ont été déposés à la suite d'une érosion, peuvent aussi contenir une proportion notable de calcaire. Dans d'autres cas, des veines calcaires sont infiltrées dans les roches primitives. On sait, du reste, qu'il suffit souvent à une plante dite calcicole d'avoir à sa disposition des traces de calcaire. M. Contejean, d'après des analyses faites au sujet de l'absorption des sels de soude par les végétaux, semble penser que certaines plantes pourraient même être calcicoles en croissant sur un sol dans lequel l'analyse chimique ne peut pas révéler la présence du carbonate de chaux. Ce sont là de singulières plantes *calcicoles* et dont il serait difficile d'étudier la distribution.

Quoi qu'il en soit, il sera nécessaire, en général, de prendre un échantillon du sol où croît la plante, et de chercher par une analyse s'il renferme du calcaire; c'est ce qui a été fait dans presque tous les cas qui suivent, où des plantes ont été observées sur les schistes, le gneiss, le granite, les sables.

J'ai ainsi observé dans les régions alpine et subalpine un certain nombre d'espèces dans les contrées suivantes :

1° Alpes du Dauphiné (Pelvoux, Grandes-Rousses, Belledonne, Villard-de-Lans, Grande Chartreuse, etc.), schistes, gneiss, granite, sables et calcaires.

2° Alpes d'Autriche (groupes du Gross-Glockner, Tauern, Watzmann, Untersberg, etc.), schistes, gneiss et calcaires.

3° Carpathes septentrionales (groupe du Tatra), schistes, granite, sables siliceux et calcaire.

Si l'on adopte les qualifications proposées par M. Contejean, on divise les plantes d'une région, au point de vue qui nous occupe, en :

1° *Calcicoles*, celles qui exigent absolument dans le sol la présence du carbonate de chaux.

2° *Calcifuges*, celles qui exigent absolument dans le sol l'absence du carbonate de chaux.

3° *Indifférentes*.

Je ne cite pas les espèces indifférentes à la fois dans les trois régions dont j'ai parlé, c'est de beaucoup le plus grand nombre. Je noterai seulement celles que les observations antérieures avaient pu faire considérer en quelques régions comme non indifférentes par Wahlenberg (1).

La liste suivante comprend seulement les espèces qui appartiennent à l'une des trois catégories précédentes dans une des régions considérées, et à une autre catégorie dans les autres régions; celles qui sont, par exemple, rigoureusement calcicoles dans l'un des groupes de montagnes, et calcifuges dans un autre.

M. Alph. de Candolle (2) a déjà donné une liste de plantes avec des remarques analogues; mais surtout d'après les indications des auteurs, et sans que le sol où croissent les plantes ait été directement analysé. Je crois donc utile de donner celle-ci, où toutes les observations sont personnelles, surtout en présence des nouveaux travaux qui ont été publiés sur cette question.

NOMS DES ESPÈCES OBSERVÉES.	DAUPHINÉ.	ALPES AUTRICHIENNES.	CARPATHES SEPTENTRIONALES.
Atragene alpina L.	Calcaire, granit, gneiss, schistes.	Calcicole.	»

Cette espèce se rencontre quelquefois sur les terrains primitifs dans les Alpes autrichiennes, comme à Juden, où je l'ai observée sur des schistes micacés, mais ces schistes contiennent alors une proportion notable de carbonate de chaux. Il n'en est pas de même en Dauphiné, où cette espèce croît abondamment sur des sols qui ne renferment aucune trace de calcaire.

Anemone alpina L.	Indifférente.	Calcicole.	Indifférente.

On ne rencontre jamais cette plante sur des sols dépourvus de calcaire dans les Alpes d'Autriche.

Ranunculus glacialis L.	Calcifuge.	Calc. et silice.	Calcifuge.

J'ai trouvé cette espèce, qui est absolument calcifuge dans un grand nombre de régions, croissant, dans la chaîne du Gross-Venedig, sur des terrains sableux renfermant du calcaire; ces sables faisaient fortement effervescence avec l'acide chlorhydrique. Wahlenberg la cite aussi comme se trouvant en Suisse sur le calcaire.

(1) Wahlenberg, dont le beau travail (*Flora Carpathorum*) m'a servi de guide dans mes observations, avait fait déjà quelques remarques très intéressantes sur l'influence du sol.

(2) *Géographie botanique*, t. I, p. 422.

NOMS DES ESPÈCES OBSERVÉES.	DAUPHINÉ.	ALPES AUTRICHIENNES.	CARPATHES SEPTENTRIONALES.
Ranunculus alpestris L.	Calcicole.	Indifférente.	Calcicole.
Draba aizoides L.	Calcaire et silic.	Calcicole.	Calcicole.
Draba tomentosa Wahlb.	Calcifuge.	Indifférente.	Indifférente.
Biscutella lævigata L.	Presque calcifuge.	Presque calcicole.	Calcicole.

Cette espèce est en général silicicole en Dauphiné, absolument calcaire dans les Carpathes.

Kernera saxatilis Rchb.	Calc. et silice.	Calcicole.	Calcicole.

J'ai trouvé cette espèce sur des sols sans calcaire en Dauphiné : aux environs du Bourg-d'Oisans, Huez, Vénosc, etc.

Cherleria sedoides L.	Granite, gneiss, schistes.	Calcaire et schistes.	Granite.

On trouve abondamment le *Cherleria*, considéré comme calcifuge, sur les montagnes calcaires des Alpes : aux environs de Salzbourg; dans le groupe du Watzmann.

Arenaria ciliata L.	Calcicole.	Calcifuge.	Calcicole.

Cette espèce présente un renversement complet dans le rapport qui existe entre sa distribution et la nature chimique du sol. Dans les Alpes autrichiennes, cette plante calcicole est calcifuge. La forme *Arenaria multicaulis* Wulf., seule, se trouve parfois sur le calcaire, comme dans les montagnes d'Untersberg.

Cerastium latifolium L.	Calcifuge.	Indifférente.	Granite.
Gypsophila repens L.	Calc. et silice.	Calcaire.	Calcaire.

Cette espèce, exclusivement calcicole dans les deux autres régions, se trouve abondamment en Dauphiné sur les sols sans calcaire, en Oisans et dans la chaîne de Belledonne.

Silene acaulis L.	Calcifuge.	Calcifuge.	Silice et calc.

On trouve la forme *S. bryoides* Jord. à la Moucherolle et au Grand-Som (calcaire).

Trifolium badium Schreb.	Calcifuge.	Indifférente.	Calcicole.
Phaca australis L.	Presq.calcifuge.	Indifférente.	Calcicole.
Oxytropis campestris DC.	Calcifuge.	Indifférente.	Calcicole.

On observe encore pour ces trois dernières espèces un renversement presque complet dans le choix du sol, dans les deux régions des Alpes et dans les Carpathes.

Oxytropis montana DC.	Calcaire.	Calcaire et silic.	Calcaire.
Oxytropis Halleri Bung.	Granite, gneiss, schistes.	Gneiss,schistes.	Exclus. calcaire.
Hedysarum obscurum L.	Calcifuge.	Indifférente.	Calcifuge.
Dryas octopetala L.	Indifférente.	Surtout calcaire	Calcicole.
Potentilla salisburgensis Hænk.	Calcifuge.	Schistes et calcaire.	Calcifuge.

On observe souvent cette plante, dite calcifuge, sur des sols calcaires, aux environs de Salzbourg, à Göll, par exemple.

NOMS DES ESPÈCES OBSERVÉES.	DAUPHINÉ.	ALPES AUTRICHIENNES.	CARPATHES SEPTENTRIONALES.
Geum montanum L.	Calcaire et sil.	Presque calcif.	Indifférente.
Sibbaldia procumbens L.	Calcifuge.	Calc. et silic.	»
Epilobium alpinum L.	Indifférente.	Surtout calcaire	Granite.
Sempervivum montanum L.	Calcifuge.	Calcifuge.	Silice et calc.

J'ai observé ce *Sempervivum* sur des sols calcaires dans le groupe du Tatra.

Saxifraga oppositifolia L.	Calcaire et silice.	Presque siliceuse.	Indifférente.

Je n'ai trouvé cette espèce que sur des sols sans calcaire dans le duché de Salzbourg; mai M. Julius Hinterhuber l'indique sur les sables calcarifères, de sorte qu'elle serait partout à peu près indifférente (1).

Meum Mutellina Gærtn.	Calcifuge.	Calcaire et silic.	Calcaire et silic.
Gaya simplex Gaud.	Calcifuge.	Quelquef. calc.	Granite.

Cette espèce siliceuse a été trouvée par M. Rudolf Hinterhuber dans les Tännengebirge, sur un sol franchement calcaire. Je l'ai recueillie aussi aux environs de Berchtesgaden, sur des calcaires liasiques.

Artemisia spicata Wulf.	Exclus. silic.	Surtout silic.	Exclus. calc.
Leontopodium alpinum Cass.	Calcifuge (2).	Indifférente.	Calcicole.

On sait que les montagnards font commerce de cette plante, appelée en allemand *Edelweiss* parce que ses fleurs blanchâtres ne se montrent, dit-on, que sur les sommets difficiles à atteindre (?). Aussi les localités où croît le *Leontopodium* sont-elles très bien connues dans les Alpes autrichiennes et dans les Carpathes; il est facile de recueillir en peu de temps des renseignements nombreux qu'il est aisé de vérifier ensuite. On ne trouve absolument que sur le calcaire des Carpathes septentrionales cette espèce, qui croît presque exclusivement sur le granite, les schistes sans calcaire et le gneiss dans les Alpes françaises.

Gnaphalium supinum L.	Calcifuge.	Calcifuge.	Calc. et granite.
Antennaria carpathica Bluf. et Fing.	Granite et calcaire.	Presque calcifuge.	Calc. et granite.

Cette espèce, qui est absolument indifférente dans les deux autres régions, se trouve très rarement sur le calcaire dans les Alpes d'Autriche. M. Sandtner la cite au Jägerkreuz; le Dr Sauter (3), au Nebelberg et au Reiteralpe; M. Rudolf Hinterhuber, dans les Tännengebirge.

Hieracium alpinum L.	Calcifuge.	Calcifuge.	Indifférente.
Apargia Taraxaci Willd.	Schistes et gneiss.	Calcaire et silice.	Granite.

Cette plante, qui est siliceuse dans le Dauphiné et les Carpathes, se rencontre en Scandinavie sur les terrains siliceux et sur les sols quaternaires renfermant du calcaire, comme dans les Alpes autrichiennes.

(1) J. Hinterhuber und Franz Pichlmayr, *Prodromus, einer Flora des Herzogthumes Salzburg*, 1879.

(2) Cependant M. A. Pellat l'a trouvée au Grand-Veymont, où elle est du reste peu abondante, probablement sur du calcaire.

(3) Sauter, *Flora von Salzburg*, 1879.

NOMS DES ESPÈCES OBSERVÉES.	DAUPHINÉ.	ALPES AUTRICHIENNES.	CARPATHES SEPTENTRIONALES.
Campanula alpina L.	»	Calcaire.	Calc. et granite.
Calluna vulgaris Salisb.	Calcifuge.	Calcifuge.	Calc. et silice.

Le *Calluna*. considéré comme étant partout absolument calcifuge (c'est une des espèces calcifuges de la liste de M. Çontejean), croît dans les Carpathes au milieu de sables calcarifères. Je l'ai observé plusieurs fois en grande abondance dans cette région, sur des sols renfermant du carbonate de chaux. M. Scherfel pense aussi que cette plante ne peut être en rien considérée comme caractérisant des sols siliceux de cette contrée. Il la cite sur plusieurs montagnes calcaires, comme le Belergebirge, par exemple.

Pinguicula alpina L.	Indifférente.	Calcicole.	Indifférente.
Gentiana nivalis L.	Presque calcifuge.	Surtout calcicole.	Calcicole.

Çette espèce, calcicole dans le Tatra, l'est presque dans les Alpes autrichiennes et en Tyrol; je l'ai cependant trouvée dans le Pinzgau, sur des schistes sans calcaire. En Dauphiné, elle est surtout calcifuge ; on la trouve cependant sur des roches calcaires au Villard-de-Lans.

Myosotis alpestris Schmidt.	Indifférente.	Calcicole.	Indifférente.
Veronica aphylla L.	Indifférente.	Indifférente.	Calcaire.
Veronica alpina L.	Surtout siliceuse.	Surtout calcaire.	Granite.
Veronica saxatilis Jacq.	Calcifuge.	Pr. calcicole.	Calcicole.
Tozzia alpina L.	Calcaire et sil.	Calcaire.	»
Calamintha alpina Lam.	Calcaire et sil.	Calcaire.	Calcaire.

J'ai observé cette plante, souvent considérée comme absolument calcicole, croissant sur des schistes sans calcaire, à la Grave (Hautes-Alpes) et à Hucz (Isère).

Teucrium montanum L.	Calcaire.	Schistes et calc.	Calcaire.

Çe *Teucrium* est regardé comme exclusivement spécial aux terrains calcaires. Il est indiqué dans la liste des plantes calcicoles de M. Çontejean. Je l'ai observé croissant en grande abondance dans la vallée de Bruck et de Fusch (Alpes d'Autriche), sur des schistes qui n'ont pas donné à l'analyse la moindre trace de carbonate de chaux.

Empetrum nigrum L.	Granite, gneiss.	Indifférente.	Indifférente.

L'*Empetrum* ne se rencontre pas sur les terrains calcaires en Dauphiné. On le trouve seulement sur les hauts sommets de gneiss ou de granite, dans la chaîne de Belledonne, les Grandes-Rousses, le Pelvoux, le Çhampsaur, au mont Viso.

Salix herbacea L.	Granite, gneiss.	Calcaire et silic.	Granite.
Salix hastata L.	Siliceuse.	Calcaire et silic.	Calcaire.
Salix reticulata L.	Siliceuse.	Calcaire et silic.	Calcaire.

Pour ces deux derniers Saules, qui sont très abondants dans la région alpine inférieure, on observe, au point de vue de leur relation avec la nature du sol, un renversement complet dans les deux régions du Dauphiné et des Carpathes.

NOMS DES ESPÈCES OBSERVÉES.	DAUPHINÉ.	ALPES AUTRICHIENNES.	CARPATHES SEPTENTRIONALES.
Pinus Mughus Scop.	»	Calcicole.	Calcaire et granite.
Lyoidia serotina Salisb.	Gneiss, granite.	Presque calcif.	Calc. et granite.
Chamæorchis alpina Rich.	Siliceuse.	Calcaire et sil.	Calcaire.
Orchis albida Scop.	Calcaire et silic.	Calcaire.	Calc. et granite.
Luzula spadicea DC.	Calcifuge.	Calcifuge.	Calc. et granite.

J'ai observé cette espèce dite calcifuge sur les terrains calcaires des Carpathes septentrionales, où elle croît souvent en abondance.

Juncus triglumis L.	Calcifuge.	Calcaire et silice.	»
Juncus trifidus L.	Calcifuge.	Calcaire et schistes.	Calcaire et granite.
Eriophorum vaginatum L.	Siliceuse.	Calcaire et silice.	»
Carex firma Host.	»	Calcaire.	Calcifuge.
Festuca varia Hænke.	Siliceuse.	Calcaire et silic.	Calc. et granite.
Aspidium Lonchitis Sw.	Calc., granite, gneiss, schist.	Calcicole.	Calcicole.

Cette Fougère, qui est localisée sur les sols à carbonate de chaux dans les Alpes autrichiennes et dans les Carpathes, se rencontre sur les sols sans calcaire en Dauphiné, dans la chaîne de Belledonne, au Lautaret, à Huez, au mont Viso, etc.; on rencontre aussi cette espèce sur les sols siliceux en Suède et en Norvége.

Lycopodium alpinum L.	Calcifuge.	Calcaire et silice.	Calcifuge.
Lycopodium Selago L.	Calcifuge.	Calc. et silice.	Calcifuge.

Ces deux Lycopodes, souvent considérés comme propres aux terrains siliceux, se rencontrent abondamment sur les terrains calcaires dans un grand nombre de localités des Alpes autrichiennes.

Selaginella spinulosa A. Br.	Presq. calcifuge.	Calcaire.	Calcaire.

On voit par cette liste, qu'un grand nombre de plantes qu'on peut considérer comme absolument calcicoles dans une région, sont au contraire absolument calcifuges dans une autre région ; que des plantes exclusivement calcicoles ou calcifuges en certaines contrées peuvent ailleurs devenir indifférentes quant à la nature chimique du sol.

En comparant les listes d'espèces observées à ce sujet, nous

pouvons maintenant chercher celles qui sont absolument calcifuges à la fois dans les trois contrées.

Je n'ai trouvé que les espèces suivantes :

Callianthemum rutæfolium C. A. Mey.
Androsace obtusifolia All.
Geum reptans L.

Et encore cette dernière espèce, que je n'ai rencontrée que sur des sols sans carbonate de chaux, est citée sur le calcaire : au Rettenstein (duché de Salzbourg) par le Dr Sauter, en Suisse par Wahlenberg, et même dans les Carpathes par Zawaldski (1).

Je n'ai rencontré aussi que sur le terrain siliceux les *Saxifraga bryoides* L., *Erigeron uniflorus* L., *Cerastium alpinum* L., *Sedum alpestre* Vill.; mais les observations que j'ai recueillies sur ces espèces ne sont pas assez précises pour que je puisse considérer ces plantes comme partout calcifuges; j'ai, du reste, rencontré une fois les deux dernières sur des terrains renfermant du calcaire.

Ainsi en cherchant, pour une flore aussi nombreuse, les plantes siliceuses à la fois dans trois régions analogues, on n'en peut déterminer que deux avec sécurité. On conviendra que c'est un bien petit nombre d'espèces caractéristiques, d'autant plus que le *Callianthemum* est très rare.

Je ne pense donc pas qu'on puisse invoquer d'une manière rigoureuse l'influence absolue de la nature chimique du sol sur la présence ou l'absence d'un grand nombre de Phanérogames.

On voit que la distribution d'une espèce sur les différents sols varie considérablement d'une région à une autre. Cela peut souvent dépendre de la présence ou de l'absence d'une autre espèce dans la flore. Telle espèce qui, existant seule dans une région, y supportera tous les sols, sera limitée au calcaire dans une autre flore, où se trouve une espèce voisine qui

(1) *Fl. gallic.*, p. 14. — A. de Candolle, *Géogr. bot.*, p. 429.

préfère les sols siliceux. La préférence d'un sol serait ainsi liée à la concurrence vitale.

Je citerai l'exemple suivant, qui est très net dans la chaîne des Alpes :

Le *Rhododendron ferrugineum* et le *Rh. hirsutum* se rencontrent tous deux dans les Alpes orientales ; la seconde espèce manque dans les Alpes occidentales. Or, là où le *Rhododendron ferrugineum* existe seul, on peut le rencontrer indifféremment sur les terrains calcaires et sur les terrains sans calcaire. Mais si l'on s'avance vers l'E., à mesure qu'il se trouve en concurrence avec le *Rh. hirsutum*, qui préfère les sols calcaires, il est peu à peu limité aux sols siliceux. C'est ainsi que dans certaines régions des Alpes autrichiennes, le cantonnement des deux espèces devient presque complet. On trouve le *Rh. hirsutum* sur les sols calcaires, le *Rh. ferrugineum* sur les sols sans calcaire.

Au reste, même dans ces régions, la limitation des deux espèces n'est jamais rigoureuse, quoi qu'on en ait dit. On comprend très bien que sur les points où la lutte entre les deux *Rhododendron* n'a pas eu à s'établir, l'un d'eux puisse croître en ces endroits sur le sol préféré par l'autre.

C'est ainsi que j'ai observé dans les Alpes autrichiennes le *Rh. hirsutum* (considéré comme calcicole) sur des schistes dépourvus de tout carbonate de chaux, au Pfandelschacht, près de Fehrleiten. Au contraire, le *Rh. ferrugineum* (qui est considéré comme calcifuge dans cette région) se trouve sur certains points du groupe calcaire d'Untersberg (1) ; j'ai vérifié qu'il croît là dans un sol extrêmement riche en carbonate de chaux.

En somme, ces observations viennent à l'appui de l'opinion de Gasparin, soutenue par M. Alph. de Candolle. Il me paraît difficile d'admettre avec M. Contejean qu'il existe un grand nombre de plantes calcicoles et de plantes calcifuges pouvant

(1) Je dois l'indication première de cette localité à M. le Dr Sauter, de Salzbourg.

servir à caractériser deux flores distinctes dans toutes les régions. Ces listes, si on les établit dans une région déterminée, perdent toute leur valeur quand on veut s'en servir dans une autre contrée.

La nature chimique du sol influe certainement sur la distribution de certaines espèces ; mais d'une manière relative et non pas d'une manière absolue.

Si l'on supprime la concurrence vitale, presque toutes les plantes pourront croître dans le même sol. C'est ce qui arrive dans les jardins botaniques.

Quant à l'influence des propriétés physiques du sol, on sait qu'elle est très considérable ; mais il est bien difficile de l'observer d'une façon précise. Il n'est pas aisé de mesurer comparativement la plus ou moins grande perméabilité du sol, sa conductibilité pour la chaleur ou sa friabilité.

Parfois le changement dans les propriétés physiques se trouve coïncider avec la différence que présentent les roches dans leur composition. C'est ainsi que, d'une manière générale, la plupart des calcaires possèdent un ensemble de propriétés physiques que n'ont pas les schistes, le granite ou le gneiss. Peut-être pourrait-on s'expliquer simplement de cette façon l'existence d'un certain nombre de plantes partout calcicoles.

Rien ne prouve que ces plantes recherchent dans toutes les régions le carbonate de chaux comme substance chimique ; il peut très bien se faire qu'elles se trouvent de préférence sur les roches calcaires à cause de leurs propriétés physiques. On sait du reste, par les nombreuses expériences qui ont été faites dans la culture des végétaux sur des sols artificiels, qu'on n'a pas démontré que le calcium soit un élément nécessaire à leur développement.

II.

Disposition générale des espèces en altitude relative.

Nous venons de voir que la nature chimique du sol, sans avoir une action absolue, peut influer sur la distribution relative de certaines espèces d'une manière très différente dans les diverses contrées.

En comparant des sols de même composition chimique, pour des vallées où se rencontrent en divers habitats les mêmes propriétés physiques du terrain, l'on remarque dans la distribution des espèces une similitude frappante. Si l'on étend les observations à toute une région renfermant des roches diverses, on rencontre encore d'importants caractères communs. C'est à la recherche de ces caractères communs dans deux régions extrêmes et dans la région centrale de la flore alpine d'Europe que peuvent servir les listes des plantes que j'ai rangées, pour chaque localité, par ordre de fréquence. Ces ressemblances échappent à celui qui met en regard les flores ou les catalogues des plantes croissant en ces contrées; elles deviennent évidentes par la comparaison des listes dont je viens de parler. Cela tient, comme nous allons le voir, à ce que le plus grand nombre des différences porte sur des plantes rares ou peu répandues, tandis que les ressemblances se produisent surtout pour les espèces communes ou uniformément disséminées.

Les conditions physiques actuelles varient en général partout dans le même sens avec l'altitude, dans la flore des Alpes. A mesure qu'on s'élève, on arrive dans des régions où la neige a séjourné plus longtemps, où en revanche la chaleur rayonnante reçue pendant l'été est plus considérable. La saison est plus courte et les végétaux ont un développement plus rapide. Certaines plantes paraissent adaptées uniquement aux conditions qu'on rencontre dans une zone. Les limites de l'extension d'une plante sont plus ou moins étendues. Il y a des espèces

étroitement caractéristiques d'une zone, d'autres plus largement distribuées.

De cette uniformité de variation dans les conditions physiques résulte l'uniformité de la distribution des espèces avec l'altitude. Mais il ne faut pas considérer, bien entendu, l'altitude absolue. C'est la distribution en *altitude relative* qui offre seule des caractères constants. Aussi les indications d'altitude données d'une manière générale, pour une espèce, dans une flore, sont-elles souvent inexactes. Suivant le climat de la région, les conditions physiques externes les plus différentes peuvent se rencontrer dans les Alpes, à la même altitude absolue et à la même latitude.

Cherchons, en premier lieu, à déterminer les zones où croissent en abondance les mêmes espèces dans trois régions de la flore alpine éloignées les unes des autres; nous nous occuperons ensuite des variations qui se produisent en une même contrée ou dans différentes régions.

Si nous allons depuis le fond d'une vallée basse jusqu'au-dessus de la limite des neiges éternelles, dans les Alpes du Dauphiné, nous rencontrerons successivement plusieurs végétations d'aspects très distincts. Supposons, par exemple, que nous nous élevions par une vallée de schistes et de gneiss sur la chaîne de Belledonne ou sur celle des Grandes-Rousses. Comme je l'ai dit plus haut, nous laisserons de côté la région basse, envahie çà et là par les cultures. On y trouve la végétation ordinaire des coteaux et un certain nombre d'espèces spéciales, dont la nature varie assez souvent d'une localité à une autre (*Geranium nodosum*, *Buphthalmum salicifolium*, etc.).

Au-dessus de cette zone inférieure, nous ne tardons pas à entrer dans une région qui renferme une tout autre végétation. C'est ce qu'on nomme souvent la région des Sapins. Il est préférable de l'appeler la *région subalpine*, car, lors même que, par suite d'une circonstance spéciale, les Sapins n'y peuvent pas croître, on rencontre dans cette zone les mêmes espèces que celles qui habitent les forêts de Sapins. Nous voyons les

Chênes disparaître presque en même temps que commence cette zone nouvelle; le Hêtre cesse aussi bientôt de croître. D'autres arbres dicotylédonés deviennent au contraire relativement plus nombreux : tels sont le Frêne, le Bouleau et les Sorbiers, puis l'*Alnus viridis*. Les Conifères fournissent alors le plus souvent la majeure partie des arbres; ce sont surtout les *Abies excelsa*, *Picea vulgaris* et le *Juniperus communis* (qui passe peu à peu à la forme alpine *J. nana*).

Mais là même où les forêts manquent, sur les pentes abruptes et dénudées, on retrouve des végétaux encore plus caractéristiques de cette zone. Les Vacciniées s'y présentent souvent, comme dans les forêts, avec un développement remarquable. Le *Vaccinium Myrtillus*, relativement peu abondant dans la région inférieure, est, lorsqu'on atteint cette région, l'un des végétaux les plus répandus partout; c'est, un peu plus haut, le *V. Vitis-idæa* encore plus caractéristique. Plus haut encore, le *V. uliginosum*. Parmi les plantes ligneuses, un certain nombre d'espèces de Saules, de Chèvrefeuilles et de Groseilliers sont aussi particuliers à cette zone; on les voit apparaître successivement à mesure qu'on s'élève.

Indépendamment de ces espèces ligneuses qui, avec quelques autres encore, sont répandues dans cette région, il y existe toute une végétation herbacée spéciale qui croît dans les mêmes conditions, soit dans les forêts de Sapins, soit dans les prairies subalpines : tels sont les *Melampyrum silvaticum*, *Prenanthes purpurea*, *Pirola secunda*, etc.

Quand on a dépassé la région où les Sapins peuvent croître, la végétation change assez brusquement; le nombre des espèces qui continuent à végéter à une altitude plus élevée est beaucoup moindre que celui des espèces nouvelles qui apparaissent. L'ensemble des plantes qu'on trouve alors très répandues sur les rochers ou dans les prairies prend bientôt un caractère particulier. On peut appeler cette zone la *région alpine inférieure;* on l'appelle aussi région des Rhododendrons : le *Rh. ferrugineum* y est en effet souvent très abondant dans la partie la moins élevée. On y trouve en outre, comme plantes li-

gneuses, le Pin à cinq feuilles (*Pinus Cembra*), qui s'élève à de grandes altitudes ; d'autres Saules, les *Salix hastata*, et, un peu plus haut, les *S. reticulata* et *S. retusa*, qui sont très abondants ; le *Vaccinium uliginosum* est plus répandu que dans la région subalpine.

Quant aux plantes herbacées, elles présentent à cette hauteur une admirable diversité de formes. En certaines localités de cette zone, comme à Brandes et au Lautaret, on trouve une telle quantité d'espèces caractéristiques répandues à profusion, qu'il est très difficile d'en noter la répartition relative. Mais, même en comprenant ces cols et ces hauts plateaux où la végétation présente une richesse exceptionnelle, on peut remarquer un grand nombre d'espèces qui se rencontrent à peu près partout dans la même zone, jusque dans les localités les plus pauvres. Il en est ainsi des *Dryas octopetala*, *Anemone alpina*, *Polygonum viviparum*, *Phleum alpinum*, *Silene acaulis*, etc.

Montons encore, nous arriverons au milieu des rochers, des maigres prairies, des éboulis qui avoisinent les névés. Peu à peu presque toutes les espèces des prairies alpines disparaissent. Il ne subsiste plus qu'un nombre restreint de plantes vasculaires : *Saxifraga bryoides*, *Ranunculus glacialis*, etc. Le minime *Salix herbacea* se montre en abondance sur le sol : c'est un des Phanérogames qui s'élèvent le plus haut, avec le *Papaver alpinum* et le *Poa laxa*. Cette dernière zone peut être caractérisée par un certain nombre de plantes, toutes vivaces, à rhizomes très développés, qui semblent adaptées aux conditions spéciales qu'on rencontre à ces altitudes. On peut l'appeler la *zone alpine supérieure;* elle est, en général, nettement séparée de la région alpine inférieure.

Ainsi, en montant d'une vallée jusqu'aux neiges, nous pouvons facilement distinguer au-dessus des vallées inférieures trois régions assez nettement limitées, qui comprennent chacune un assez grand nombre d'espèces à la fois très répandues et spéciales à la zone. Ce sont :

1° La zone subalpine ;

2° La zone alpine inférieure;

3° La zone alpine supérieure.

Elles sont reliées l'une à l'autre par un certain nombre d'espèces dont les limites en altitude sont moins rapprochées; mais les lignes de démarcation entre ces régions sont le plus souvent très nettes.

Faisons une ascension analogue au centre de la flore alpine d'Europe, dans une vallée schisteuse et granitique des montagnes de Tauern, qui limitent le Tyrol, la Carinthie et le duché de Salzbourg.

La région inférieure, qui se trouve au-dessous des Sapins, est en grande partie recouverte par des cultures. Elle renferme, dans les prairies ou parmi les bois des coteaux, un grand nombre des espèces que nous avons trouvées en Dauphiné dans les mêmes habitats; cependant on peut remarquer certaines différences. Ainsi, le *Geranium pratense* (qui se rencontre à une altitude plus élevée dans les Alpes françaises) semble ici remplacer le *G. nodosum;* le *Salvia verticillata* (espèce qui manque dans les Alpes occidentales) est aussi très répandu dans les basses prairies; le *Cirsium oleraceum* y est beaucoup plus abondant qu'en France, etc.

Mais, sans nous arrêter à cette région inférieure, atteignons la région subalpine. Nous y trouverons encore les Sapins comme caractéristiques, d'une manière générale. Leur limite inférieure est ici beaucoup moins élevée qu'en Dauphiné, dans les mêmes conditions d'exposition. La limite supérieure du Hêtre est au contraire un peu plus élevée, de sorte que les deux essences ligneuses se trouvent réunies pendant un temps plus long que dans les Alpes françaises, quand on gravit les pentes.

En continuant à monter, nous arrivons bientôt dans la région franchement subalpine, qui se présente avec tous les caractères généraux que nous avons reconnus dans les Alpes de France. C'est la même association d'espèces répandues. Nous pourrions répéter ici presque exactement les remarques

faites plus haut à ce sujet. Ce sont tout à fait les mêmes plantes, distribuées de la même manière, en proportion et en altitude relatives. Mais si nous notons toutes les espèces peu répandues, nous pourrons trouver au contraire certaines différences dans leur distribution. Elles sont très peu considérables; à peine peut-on faire quelques remarques sur ces changements : le *Lycopodium clavatum* est beaucoup plus abondant, par exemple; le *Struthiopteris germanica*, qui manque en France, est assez répandu sur certains points de la zone subalpine des Alpes centrales. En nous élevant sur une pente dont la nature du sol et l'exposition sont les mêmes, nous rencontrons le *Pinus Cembra* plus tôt qu'en Dauphiné. Peu à peu les Sapins disparaissent, et l'on voit apparaître les buissons rampants du *Pinus Mughus*. Lorsque ce dernier Pin devient très répandu, les caractères de la flore ont complètement changé. Ainsi nous pouvons reconnaître encore une région subalpine, moins bien limitée à la base, mais dont la démarcation supérieure est en général accentuée. En laissant de côté les espèces rares ou peu répandues, elle offre tout à fait les mêmes caractères que la zone subalpine située à une altitude moyenne plus élevée, dans les Alpes du Dauphiné.

Pénétrons maintenant au milieu des Pins genouillés qui s'étalent sur le sol, entremêlés de plusieurs espèces d'arbustes. Ce sont surtout des Saules et des Rhododendrons, soit le *Rh. ferrugineum*, soit le *Rh. hirsutum* (ce dernier manque en Dauphiné); quelquefois aussi, mais moins répandu, le petit *Rh. Chamæcistus*. Les autres plantes ligneuses que nous rencontrons alors sont les mêmes qu'en Dauphiné. Sauf la présence du *Pinus Mughus*, nous retrouvons tous les caractères que nous avons reconnus dans la région alpine inférieure. Un peu au-dessus de la région des Rhododendrons s'étendent les vastes prairies alpines avec les mêmes espèces caractéristiques abondantes. Là aussi, comme en Dauphiné, on trouve sur certains hauts plateaux (à Glockner-Haus, Heiligenblut, au Kaprunerthal, par exemple) cette diversité de formes, ces nombreuses espèces abondantes que nous avons remarquées

à Brandes ou au Lautaret. En comparant la flore complète de l'une de ces prairies à celle d'une prairie analogue des Alpes françaises, on trouve certainement de nombreuses différences; mais ces différences disparaissent presque toutes, si on laisse de côté les espèces rares.

Citons seulement quelques remarques qui peuvent être faites sur les espèces abondantes. Ainsi l'*Alchimilla alpina* manque complètement sur beaucoup de points des Alpes centrales; cette espèce est commune partout ailleurs dans la région alpine. L'*Aconitum Anthora* du Dauphiné est remplacé par l'*A. variegatum*. Mais ce sont là des différences secondaires. La flore de la région alpine inférieure y présente dans son ensemble les mêmes associations d'espèces que dans les Alpes occidentales. Le *Dryas octopetala* et les touffes de *Juncus trifidus*, les plaques roses du *Silene acaulis*, etc., offrent une distribution relative presque identique.

Il en est de même de la haute région alpine, voisine de la limite des neiges éternelles. Le *Salix herbacea*, le *Papaver alpinum* et le *Poa laxa* sont encore les Phanérogames les plus élevés. Une Graminée qui manque à l'ouest de la chaîne des Alpes s'élève cependant encore plus haut, c'est le *Sesleria disticha*.

Transportons-nous maintenant dans les Carpathes; montons par exemple dans une vallée granitique du groupe du Tatra. Nous observerons tout d'abord que la région subalpine se confond plus encore que dans les Alpes autrichiennes avec la région inférieure des cultures. On peut trouver les Sapins et même les Mélèzes dans la plaine, en même temps que quelques-unes des espèces qui ne croissent dans les Alpes qu'à une altitude plus élevée. Dans la liste des plantes de la région la plus basse, publiée par M. Scherfel (1), on trouve cependant en grande majorité des plantes qui sont les mêmes que celles des plus basses régions des Alpes. On ne peut signaler, pour ainsi dire, dans cette zone, *aucune espèce manquant dans les*

(1) *Loc. cit.*

Alpes (1). Bien peu même font défaut dans les Alpes occidentales (2).

Dès que nous nous élevons au-dessus des hautes plaines (au-dessus de 650 mètres d'altitude en moyenne), c'est-à-dire plus bas que dans les Alpes centrales pour les mêmes conditions, plus bas surtout que dans les Alpes françaises, nous trouvons une végétation qui nous offre des caractères tout à fait subalpins. Ce sont les mêmes espèces ligneuses, la même distribution relative des Vacciniées, etc.

En ne considérant que les espèces répandues, l'analogie est considérable ; les formes spéciales aux Carpathes sont très peu nombreuses : elles paraissent alors, le plus souvent, remplacer dans les mêmes limites d'altitude et dans les mêmes habitats une espèce des Alpes, absente ici. C'est ainsi que le *Chrysanthemum rotundifolium* remplace le *C. atratum* des Alpes ; le *Dentaria glandulosa* prend la place des *D. pinnata* ou *digitata*, etc.

En continuant à monter, nous rencontrons encore, plus tôt que dans les Alpes centrales, le *Pinus Cembra ;* il est aussi plus abondant. Presque en même temps apparaît à profusion le *Pinus Mughus*. Nous avons quitté la flore subalpine pour passer sans de lentes transitions dans la région alpine inférieure (appelée région du *Pinus Mughus* par Wahlenberg). Cet arbuste est en effet distribué ici d'une façon plus régulière que dans les Alpes d'Autriche, et elle caractérise cette zone d'une manière frappante : on peut en reconnaître les limites à de grandes distances, grâce à la présence constante de ce Pin rampant. Ici les Rhododendrons manquent (3) ; mais, malgré leur absence, nous retrouvons dans cette région du *Pinus Mughus*, parmi les espèces répandues, celles que nous avons déjà notées dans les Alpes. Ce ne sont encore, en général, que les plantes rares ou peu répandues qui fournissent des espèces spéciales aux Carpathes.

(1) Je crois qu'on ne pourrait guère citer que le *Salix silesiaca*.

(2) Comme le *Polemonium cæruleum*, le *Pedicularis Sceptrum carolinum*, et l'*Euphorbia pilosa*.

(3) On les retrouve plus au S. E., dans la chaîne des Carpathes.

Enfin, la haute région alpine présente absolument les mêmes espèces que celle des Alpes. C'est encore le *Sesleria disticha*, commun dans le Tauern, qui est l'espèce la plus élevée. On ne peut guère citer que le *Gentiana glacialis* comme plante manquant dans les Alpes.

Nous allons voir, en examinant les choses de plus près, que les espèces répandues sont presque toutes les mêmes; elles sont distribuées de la même manière et associées en régions comparables.

En somme, nous pouvons reconnaître dans l'ensemble de la flore alpine d'Europe un certain nombre de caractères communs. Mais, pour pouvoir rechercher ensuite l'influence de l'altitude, de la quantité de chaleur reçue, etc., il nous faut autre chose que les conclusions résultant de l'aspect général de la végétation. Des observations positives comparées sont nécessaires.

Rapprochons les unes des autres les listes dressées dans les vallées du Dauphiné, dans celles du Tyrol, du duché de Salzbourg et de Carinthie, dans les Carpathes du N. O. et le groupe du Tatra. Ces listes renferment les espèces observées, par ordre de fréquence, avec l'indication des altitudes, de l'exposition des versants, de la nature du sol. Cherchons si chacune des zones, que le simple aspect nous a fait reconnaître, ne peut pas être caractérisée par un certain nombre d'espèces. Je ne parlerai que des espèces qui sont très répandues dans la zone considérée et dont l'extension est presque absolument limitée à cette zone.

1° *Zone subalpine.*

En comparant les listes précédentes, on trouve répandues avec abondance, dans la zone subalpine des trois régions orientale, centrale et occidentale de la flore alpine d'Europe, les espèces caractéristiques suivantes :

Geranium silvaticum L.
Spiræa Aruncus L.
Soldanella alpina L.
Gentiana asclepioidea L.

Orobus vernus L.
Pirola secunda L.
Chærophyllum hirsutum L.
Rosa pimpinellifolia L.
Ribes alpinum L.
Sambucus racemosa L.
Lonicera nigra L.
Bellidiastrum Michelii Cass.
Centaurea montana L.
Carduus defloratus L.
Prenanthes purpurea L.
Mulgedium alpinum Less.
Vaccinium Vitis-idæa L.
Digitalis grandiflora Lam.
Melampyrum silvaticum L.
Abies excelsa DC.
Larix europæa DC.
Veratrum album L.
Maianthemum bifolium DC.
Tofieldia calyculata Wahlb.
Poa alpina L.
Calamagrostis lanceolata Roth.
Aspidium aculeatum Doll.
Lycopodium annotinum L.

On pourrait citer aussi, parmi les plantes moins répandues, quelques espèces tout à fait spéciales à cette zone, dans les trois contrées différentes de la flore alpine, comme les *Pirola uniflora* L., *Pleurospermum austriacum* Hoffm., *Galium boreale* L., *Corallorhiza innata* R. Br., *Epipogium Gmelini* Rich., etc. Même en comptant les espèces rares, on ne trouve dans la zone subalpine qu'un assez petit nombre d'espèces locales. Citons cependant quelques espèces qui se remplacent :

DAUPHINÉ.	ALPES AUTRICHIENNES.	CARPATHES.
Aconitum Anthora L.	Aconitum variegatum L.	Aconitum variegatum L.
A. paniculatum Lam.	A. paniculatum Lam.	A. moldavicum Hacquet.
Dentaria pinnata Lam.	Dent. enneaphyllos L.	Dent. glandulosa W. K.
Senecio Fuchsii Gmel.	Senecio Fuchsii Gmel.	Senecio alpinus Koch.
S. Jacquinianus Reich.	S. saracenicus L.(n. Vill).	»
S. Doria L.	S. nemorensis L.	S. nemorensis L.
Chrysanth. atratum Vill.	Chrysanth. atratum Vill.	Chr. rotundifolium W. K.
Doronicum Pardal. L.	Doron. Pardalianches L.	»
»	Doron. austriacum Jacq.	Doron. austriacum Jacq.

En somme, dans la zone subalpine, la presque totalité des espèces caractéristiques très répandues sont identiquement les mêmes dans les régions de la flore alpine d'Europe les plus éloignées les unes des autres.

2° Zone alpine inférieure.

Faisons de même que pour la zone subalpine. En comparant les listes des plantes très répandues, j'ai trouvé comme espèces caractéristiques les plus communes un très grand nombre de plantes croissant à la fois dans les trois régions. Il suffira de citer les suivantes :

Anemone alpina L.	Myosotis alpestris Schmidt.
Arabis bellidifolia Jacq.	Veronica aphylla L.
Hutchinsia alpina R. Br.	Gentiana nivalis L.
Silene acaulis L.	Juniperus communis var. nana Willd.
Dryas octopetala L.	Salix hastata L.
Gaya simplex Gaud.	S. reticulata L.
Sedum alpestre Vill.	S. retusa L.
Sempervivum montanum L.	Polygonum viviparum L.
Saxifraga muscoides Wulf.	Juncus trifidus L.
S. androsacea L.	Carex atrata L.
Aster alpinus L.	C. sempervirens L.
Erigeron alpinus L.	Phleum alpinum L.
Leucanthemum alpinum Lam.	Trisetum flavescens P. B.
Gnaphalium supinum L.	Lycopodium alpinum L.
Hieracium alpinum L.	Selaginella spinulosa A. Braun.

Parmi les espèces un peu moins répandues que celles qui précèdent, mais encore abondantes, j'ai noté 132 espèces communes aux trois contrées considérées; je crois inutile de les citer. La liste précédente suffit à caractériser la zone alpine inférieure.

Il n'y a qu'un nombre restreint de ces espèces qui soient très répandues dans une région et très rares dans une autre. Je citerai par exemple l'*Hieracium prenanthoides* Vill., rare dans les Alpes autrichiennes, commun dans les deux autres régions ; le *Meum Mutellina* Gærtn., rare en Dauphiné, répandu dans les Alpes d'Autriche et très commun dans les Carpathes ; le *Draba aizoides* L., rare au contraire dans les Carpathes et répandu dans les Alpes.

Quant aux espèces très répandues dans une contrée et faisant absolument défaut dans une autre, elles sont encore moins nombreuses. Nous avons vu que le *Pinus Mughus*, si abondant

et si caractéristique dans les Alpes centrales et dans les Carpathes, manque en Dauphiné, et qu'au contraire les Rhododendrons ne croissent pas dans les Carpathes septentrionales. Ce sont là les seules exceptions importantes.

Citons aussi, comme pour la zone précédente, les quelques espèces (peu nombreuses) qui paraissent se remplacer dans les mêmes conditions d'altitude relative et dans les mêmes habitats :

DAUPHINÉ.	ALPES AUTRICHIENNES.	CARPATHES.
Arabis alpestris Scheich.	Arabis ciliata R. Br.	Arabis ciliata R. Br.
Helianthemum alpestre Jacq. / H. œlandicum DC.	Helianth. alpestre Jacq.	Helianth. œlandicum DC.
Astragalus Onobrychis L.	Astragalus Onobrychis L.	Astragalus australis L.
A. Hypoglottis L.	A. leontinus Wulf.	A. alpinus L.
»	A. oroboides Horn.	A. oroboides Horn.
Phaca Gerardi Vill.	Phaca frigida L.	Phaca frigida L.
Laserpitium Halleri Vill.	»	Las. Archangelica Wulf.
Aronicum scorpioides DC	Aronicum Clusii Wulf.	Aronicum Clusii Wulf.
Campanula thyrsoidea L.	Campanula thyrsoidea L.	»
»	C. alpina L.	Campanula alpina L.
Pedicularis cenisia Gaud.	Pedicul. asplenifolia Flk.	Pedic. versicolor Wahlb.
P. comosa L.	P. Jacquinii Koch.	P. Hacquetii Graf.

Ainsi, dans la région alpine inférieure, les espèces dominantes sont encore les mêmes, à deux exceptions près ; les espèces très répandues ne présentent que 8 pour 100 d'entre elles qui ne se trouvent pas à la fois dans les trois contrées ; ces espèces spéciales semblent souvent se remplacer d'une contrée à une autre.

3° *Zone alpine supérieure.*

Le nombre total des espèces est ici beaucoup moindre ; on ne sera donc pas étonné de trouver une liste moins nombreuse des plantes communes caractéristiques qui ne descendent pas au-dessous de cette région élevée.

Les espèces dominantes qu'on rencontre dans les trois contrées dont nous avons parlé sont les suivantes :

Ranunculus glacialis L.
Papaver alpinum L.
Cherleria sedoides L.
Geum reptans L.
Saxifraga bryoides L.
Saxifraga retusa Gouan.
Senecio incanus L.
Hieracium glanduliferum Hoppe.
Salix herbacea L.
Poa laxa Hænke.

D'autres espèces de cette zone sont moins uniformément répandues ou rares en certaines contrées : telles sont le *Callianthemum rutæfolium* C. A. Mey., et le *Chamæorchis alpina* Rich.

Nous avons déjà remarqué qu'une espèce très répandue dans les Carpathes et les Alpes centrales, le *Sesleria disticha*, qui s'élève aux altitudes les plus élevées de la flore, manque en Dauphiné. C'est peut-être la seule exception parmi les espèces vraiment dominantes.

En considérant les espèces seulement très répandues dans cette zone supérieure, on peut encore en citer quelques-unes qui semblent se remplacer :

DAUPHINÉ.	ALPES AUTRICHIENNES.	CARPATHES.
Dianthus neglectus Lois.	Dianthus glacialis Hænke	Dianth. glacialis Hænke.
Ranunculus parnassifolius L.	Ran. pygmæus Wahlb.	Ran. pygmæus Wahlb
Saussurea discolor DC.	Saussurea alpina DC.	Saussurea alpina DC.
S. depressa Gren.	S. pygmæa Spreng.	S. pygmæa Spreng.
Gentiana brachyphylla Vill.	Gentiana brachyphylla Vill.	Gentiana glacialis Vill.

On voit que, pour cette zone comme pour les autres, il y existe une association d'espèces qu'on retrouve partout dans la flore alpine et qui sont, pour la grande majorité, les espèces dominantes de la zone.

Il résulte de là que par l'observation de la fréquence relative des espèces on peut mettre en évidence les caractères communs importants des différentes zones de la flore alpine. Nous verrons de quelle utilité sera la connaissance de ces zones ainsi déterminées par la position relative des espèces pour l'observation des limites d'altitude et de leurs variations.

Si maintenant on applique cette méthode à l'ensemble de la flore alpine, depuis la base de la zone subalpine jusqu'à la dernière limite de croissance des Phanérogames, on peut en déduire l'analogie frappante de la flore dans les trois contrées que nous avons considérées. Les différences disparaissent presque toutes, les ressemblances s'accentuent.

Il en est tout autrement lorsque l'on compare simplement les flores, comme on le fait d'habitude dans les études de ce genre, en attribuant la même valeur aux espèces les plus rares et aux plus communes. Pour mieux faire saisir cette différence, prenons quelques exemples au hasard :

NOMS des GENRES.	NOMS des CONTRÉES.	NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES.	ESPÈCES DOMINANTES.	ESPÈCES ASSEZ RÉPANDUES.	ESPÈCES PEU RÉPANDUES.	ESPÈCES RARES.
RANUNCULUS....	Dans toute la flore alpine....	8	6	2	0	0
	Seulement Alpes autrichiennes	8	0	0	1	7
	Seulement Dauphiné........	5	0	1	1	3
	Seulement Carpathes........	2	0	0	0	2
VALERIANA	Dans toute la flore alpine....	5	2	3	0	0
	Seulement Alpes autrichiennes	7	0	2	1	4
	Seulement Dauphiné........	3	0	1	1	1
	Seulement Carpathes........	2	0	0	1	1
SENECIO........	Dans toute la flore alpine....	10	6	4	0	0
	Seulement Alpes autrichiennes	6	0	2	1	3
	Seulement Dauphiné........	3	0	1	0	2
	Seulement Carpathes........	2	1	0	0	1
	Seulement Alp. autrich. et Carp.	2	1	1	0	0

On voit par ces quelques exemples combien les conclusions d'un travail comparatif seront différentes, si l'on opère de la première manière ou si l'on opère de la seconde.

D'après les nombres ci-dessus, en comptant également toutes les espèces, on dira qu'il y a autant d'espèces de Renoncules endémiques pour les Alpes centrales que d'espèces du même genre répandues dans toute la flore; tandis qu'en lais-

sant de côté les espèces qui sont partout rares ou très peu répandues dans une région, on trouvera qu'il n'y en a presque aucune de spéciale.

Les trois genres cités dans ce tableau présentent 40 espèces localisées sur lesquelles il n'y en a que 2 qui soient dominantes en certaines contrées ; tandis que sur les 23 espèces de la flore alpine totale on en trouve 14 qui sont dominantes.

On voit que les résultats ne se ressemblent pas.

En opérant de même pour l'ensemble de la flore des Carpathes septentrionales et pour l'ensemble de la flore des Alpes proprement dites, on obtient les nombres suivants :

En prenant indifféremment toutes les espèces, même les plus rares, on trouve que les Carpathes possèdent 12 pour 100 d'espèces qu'on ne retrouve pas dans les Alpes.

En laissant de côté les espèces rares, on trouve que les Carpathes renferment seulement 2 pour 100 d'espèces répandues ou assez répandues, qu'on ne rencontre pas dans les Alpes.

Ces résultats montrent que les conclusions tirées de la comparaison pure et simple des catalogues doivent être modifiées en géographie botanique. Or c'est toujours sur de semblables comparaisons qu'ont été basés les travaux sur les relations entre la distribution des espèces dans les diverses contrées et les conditions physiques du milieu. C'est aussi de cette manière qu'ont été édifiées toutes les théories sur l'origine des flores. Dans toutes les proportions d'espèces qui ont été déterminées par MM. Hooker, Asa Gray, Bentham, Christ, J. Ball, etc., les plantes rares ont été comptées au même titre que les plus communes. Ce sont les comparaisons de listes ainsi faites qui servent de base à la plupart des raisonnements qu'on trouve dans les diverses études de ces auteurs. On comprend à quel point l'examen de listes graduées où les plantes seraient rangées par ordre de fréquence modifierait les conclusions de ces théories.

Mais je n'insiste pas sur ces conséquences évidentes ; et pour rester dans le domaine des faits, nous pouvons tirer de tout ce qui précède les conclusions suivantes :

1° *Les espèces répandues dans la flore alpine offrent, d'une manière générale, la même distribution relative en altitude.*

2° *Si on laisse de côté les espèces rares, toute la flore alpine d'Europe présente dans son ensemble des caractères extrêmement semblables; les espèces dominantes sont partout les mêmes, à quelques exceptions près.*

III.

Variations des limites d'altitude pour une même espèce.

Nous venons de voir comment la nature des diverses espèces varie d'une manière générale avec l'altitude. Examinons maintenant comment les limites inférieure et supérieure d'extension en altitude peuvent varier pour une même espèce.

Je donnerai d'abord le résultat de quelques observations faites sur la variation de ces limites en une même contrée, lorsqu'une espèce donnée se trouve dans des conditions extérieures variables. En second lieu, nous examinerons comment les limites d'altitude d'une espèce peuvent varier d'une région de la flore alpine à une autre, pour les mêmes conditions d'exposition et pour des sols de même nature.

Considérons un groupe de montagnes assez élevé pour comprendre dans ses hautes altitudes la région des neiges éternelles avec des glaciers ou des névés. En étudiant la limite d'altitude d'une espèce quelconque, on reconnaîtra, en la mesurant en différents points de ce massif, qu'il est impossible de lui assigner une valeur absolue. On trouvera souvent des écarts plus considérables entre deux mesures, pour la limite d'une même espèce, qu'entre deux mesures faites au même point pour deux espèces différentes, l'une alpine, l'autre subalpine. Citons, par exemple, les mesures suivantes pour la limite supérieure de la croissance du Mélèze dans les Alpes autrichiennes.

Larix europæa DC. (limite supérieure).

Watzman (duché de Salzbourg)	1620 mètres (1).
Mollthal (Carinthie)	1950
Fuschthal (duché de Salzbourg)	1720
Fuschthal, fond de la vallée	1430

Je pourrais citer aussi les nombres suivants donnés par M. le professeur Karl Kolbenheyer au sujet de la limite inférieure du *Pinus Mughus* dans les Carpathes septentrionales (2), et dont j'ai eu l'occasion de vérifier quelques-uns :

Pinus Muchus Scop. (limite inférieure).

Kolbachthal	1330 mètres.
Id. (vers la Klein-Kolbach)	1450
Podspindy	908
Jaworina	995
Czerwona Skala (près de Bialka)	990
Vallée de Strazyska (près de Zacopane)	950
Limite inférieure minimum (d'après M. Friederich Fuchs)	1170

Ainsi on trouve des résultats absolus, très différents pour une même limite en divers points d'un même groupe de montagnes. Les indications qu'on donne dans les flores, à cet égard, n'ont donc aucune valeur positive. Il n'est pas possible de dire qu'une espèce a dans une contrée donnée telles limites d'altitude.

On peut se demander si le sol et l'exposition n'ont pas toutes deux une influence sur ces limites. J'ai cherché à observer quelques-unes de ces variations, en éliminant l'influence du sol qui, comme l'a montré Wahlenberg, peut changer les limites d'une espèce par ses propriétés physiques.

En considérant une seule espèce, on peut faire un grand nombre d'erreurs, sa répartition étant limitée non seulement

(1) Les mesures ont été faites au baromètre, en prenant pour point de départ les repères de la carte d'état-major autrichien.

(2) *Unteren Grenzen des Krummholzes* (*Magyarországi Kárpátegylet*, I, p. 97).

par les conditions physiques extérieures, mais par sa lutte avec les autres. Nous avons vu plus haut qu'il existe un certain nombre d'espèces associées, partout caractéristiques de la flore subalpine, et un certain nombre d'autres caractéristiques de la flore alpine inférieure. J'ai essayé de déterminer la limite approximative de ces deux flores, dans un même groupe de montagnes : 1° sur un même versant ; 2° sur deux versants opposés.. On comprend que des mesures sur cette limite générale ne peuven pas avoir en un point donné une grande précision ; elles sont vraies à 20 ou 30 mètres près ; en effet, il y a toujours une zone de transition entre la flore subalpine et la flore alpine : c'est l'altitude moyenne de cette zone qui a été prise pour limite.

A. *Variations de la limite de la flore subalpine sur un même versant.* — On n'a fait presque aucune observation sur ces variations. Wahlenberg donne les limites d'espèces comme si elles étaient les mêmes partout sur un même versant. Il en est de même chez la plupart des auteurs qui ont donné des limites d'altitude.

Ne considérons, pour le moment, que des groupes de hautes montagnes, où se trouve, au sommet, une surface assez considérable occupée par les neiges en toute saison. Si l'on va dans une vallée quelconque d'un tel groupe de montagnes, on remarquera toujours que la flore subalpine s'élève à une altitude plus grande sur les flancs qu'au fond même de la vallée. De plus, à mesure qu'on s'avance vers le sommet en suivant le torrent qui coule au fond de cette vallée, on trouvera, en déterminant la limite en divers points sur le même côté de la vallée, des altitudes successivement décroissantes (1).

On peut se rendre compte de cette variation par les mesures suivantes. Prenons une vallée dont le fond ait une inclinaison

(1) Sur les conseils de M. Duchartre, qui m'a fait remarquer qu'il n'existait presque aucun document sur cette question, j'ai fait un très grand nombre de mesures sur un même versant dans plusieurs groupes de montagnes.

à peu près constante et les versants une autre ligne de pente également à peu près la même partout.

BENDL.

Entre le Stubachthal et le Dörfer Oed (duché de Salzbourg).

1° En remontant la vallée de Dörfer Oed, du point appelé *Auf der Flach*, tous les 500 mètres, l'altitude supérieure subalpine est mesurée sur le versant ouest.

Distances d'Auf der Flach.	Limites supérieures subalpines. Altitude.
0 mètre (Steinkaarl)	2100 mètres.
500	1950
1000	1900
1500	1850
2000	1700
2500 (la limite est au fond de la vallée)	1650

2° En remontant la vallée de Stubach à partir du point appelé *Reichenberg-Asten*, sur le versant E.

Distances de Reichenberg-Asten.	Limites supérieures subalpines. Altitude.
0 mètre (Steinkaarl)	2100 mètres.
500	2000
1000	1980
1500	1860
2000 (la limite est au fond de la vallée)	1700

Ainsi il y a, pour toute la montagne de Steinkaarl qui sépare ces deux vallées, un maximum pour la limite supérieure subalpine (2100m) et deux minima (1650m et 1700m). Cette limite forme ainsi une ligne qui s'abaisse au fond des vallées pour se relever sur leurs arêtes de séparation, en coupant obliquement les différentes lignes de niveau.

C'est là un fait général pour toutes les vallées de ce groupe de montagnes, qu'elles soient prises sur le versant sud ou sur le versant nord. Un maximum est d'autant plus distant du minimum voisin (toutes les autres conditions étant égales), que la région des neiges est plus étendue dans la zone supérieure de la vallée.

Des mesures analogues m'ont ainsi donné pour les maxima et les minima de la limite supérieure subalpine les nombres suivants :

GROUPE DU GROSS-GLOCKNER.

	Limite supérieure subalpine.	
	Maxima.	Minima.
Windisch-Matrei	1930 mètres.	1700 mètres.
Kals	2100	1700
Tauernthal	2130	1650
Fuschthal	1720	1400
Kuprunerthal	1900	1400
Stubachthal	2100	1650
Velbernthal	1920	1360
Hellersbachthal	1950	1450

Les mêmes variations dans la limite des espèces peuvent s'observer partout. Dans la chaîne de Belledonne, en Dauphiné, on remarque ainsi des oscillations de la limite pour chaque vallée d'un même versant (versant nord); mais les différences entre les maxima et les minima sont moindres que les précédentes. Cela vient à l'appui de ce que j'ai fait remarquer plus haut. La chaîne de Belledonne, en effet, ne possède que des névés; il n'y a pas de vrais glaciers, pour ainsi dire, tandis que les montagnes du Gross-Glockner sont recouvertes par d'énormes masses de glaces qui occupent la région des neiges éternelles.

Dans les Carpathes on observe des variations un peu moindres, mais très nettes.

Voici, par exemple, quelques mesures que j'ai faites sur le versant sud du massif du Tatra :

CARPATHES (groupe du Tatra, versant sud).

	Limite supérieure subalpine.	
	Maxima.	Minima.
Kösepso orom	1530 mètres.	1300 mètres.
Vorŏspataky Torony	»	1350
Gerlachfalvicsùcs	1440	1250
Batisfalvicsùcs	1360	1230
Osterv trispa	1445	1370
Szobysko	1450	1260
Krivan	1430	1300

Enfin les différences seraient encore moindres dans les vallées d'un groupe de montagnes trop peu élevées pour avoir une région des neiges éternelles; on peut le remarquer pour les maxima et les minima de la limite inférieure subalpine dans le massif de Villard-de-Lans (versant nord), en Dauphiné.

En résumé nous pouvons tirer des mesures qui précèdent les conclusions suivantes :

La limite d'altitude d'une espèce est très variable sur un même versant. Elle passe par des maxima sur les lignes de plus grande courbure convexe qui séparent deux vallées. Elle passe par des minima sur les lignes de plus grande courbure concave, au fond des vallées.

Ces maxima et ces minima sont d'autant plus écartés, que le groupe de montagnes considéré possède une région des neiges éternelles plus étendue, toutes les autres conditions étant égales.

On ne peut donc indiquer d'une manière générale la limite d'altitude d'une espèce sur un versant, si l'on ne précise pas le genre de stations observées.

B. *Variations de la limite de la flore subalpine, du versant sud au versant nord d'un même groupe de montagnes.* — Il n'existe aussi, sur ce point, qu'un petit nombre d'observations. On n'en rencontre aucune dans les ouvrages de Wahlenberg et fort peu chez les autres auteurs qui se sont occupés de la flore alpine (1).

Dans un groupe de montagnes élevées, renfermant sur son versant nord et sur son versant sud un grand nombre de vallées, nous venons de voir, par les résultats précédents, que de semblables comparaisons ne peuvent pas être faites en prenant des points quelconques sur les deux versants. Puisque la limite varie d'une manière considérable d'un seul côté de la chaîne, il faudrait comparer sur le versant nord et sur le ver-

(1) Les meilleures observations sur ces variations sont celle faites au mont Ventoux, par M. Ch. Martins (*Ann. sc. nat.*, 2e série, vol. X, p. 129).

sant Sud la moyenne de tous les points observés. J'ai déterminé, comme on l'a vu plus haut, les maxima et minima pour un certain nombre de vallées, dans ces montagnes. Si l'on prenait pour chacune d'elles la moyenne du maximum et du minimum sur chaque versant, on aurait des résultats très défectueux, car les vallées ont des inclinaisons variables qui changent la moyenne de la limite. Il est préférable de prendre la moyenne de tous les maxima observés sur le versant sud pour la comparer à celle observée sur le versant nord; on fait de même pour les minima. J'ai pu déduire ainsi de mes mesures les nombres suivants :

	Limite subalpine supérieure.	
	Moyenne des maxima.	Moyenne des minima.
Versant nord.		
Vallées de Fusch, Kuprun, Stubach, Velbern, Hellersbach, Habach.	1960 mètres.	1475 mètres.
Versant sud.		
Vallées de Windisch-Matrei, Kals, Tauern, Moll, Gossnitz.	2049 mètres.	1640 mètres.
Différence en faveur du versant sud :	89 mètres.	165 mètres.

On voit que la différence est moins grande sur les arêtes qui séparent deux vallées qu'au fond des vallées. Le nombre 165, qui exprime cette dernière différence, est assez voisin du nombre 172, déduit des observations de MM. Heer et Kartoffer, dans les Alpes suisses, comme représentant la différence d'altitude entre le versant nord et le versant sud (1).

Quant à la moindre différence entre les maxima des limites nous verrons plus loin à quoi on peut l'attribuer.

Dans la chaîne des Carpathes (groupe du Tatra), la mesure comparative au N. et au S. est plus difficile à faire, à cause de la variété que présente la composition du sol. Cependant au nord et au sud du Lomniczicsùcs, la constitution géologique

(1) Voy. Alph. de Candolle, *Géogr. bot.*, I, p. 19.

et les propriétés physiques du sol sont les mêmes sur les deux versants.

On trouve des différences beaucoup moindres que dans les Alpes. Il n'y a pas 50 mètres de différence en moyenne pour les minima, pas 35 mètres pour les maxima.

Dans la chaîne de Belledonne, en Dauphiné, on voit aussi la région subalpine s'élever beaucoup plus sur le versant S. E. que sur le versant N. O.; mais l'inégalité des pentes et la différence de protection par les montagnes voisines ne permettent pas de tenir compte des mesures absolues qu'on pourrait faire à ce sujet.

En somme, pour un groupe de montagnes des Alpes ou des Carpathes dont la chaîne principale est dirigée de l'E. à l'O., on peut énoncer les remarques générales suivantes :

La limite supérieure de la zone subalpine s'élève plus sur le versant sud que sur le versant nord, si l'on compare des stations analogues.

La différence entre les minima de la limite sur les deux versants est plus grande que celle qui existe entre les maxima.

Dans les observations précédentes, nous avons comparé, en général, des vallées où le sol offrait la même nature. On peut remarquer en effet que les limites d'altitude d'une espèce varient avec les propriétés du sol, les autres conditions étant les mêmes. Je citerai à ce sujet les observations suivantes faites dans les Alpes :

Larix europœa DC.

Moyenne des maxima de la limite supérieure, versant nord.	Montagnes schisteuses et gneissiques...........	1950 mètres.
	Montagnes calcaires.....	1680

Pinus Mughus Scop.

Moyenne des maxima de la limite inférieure.	Schistes et gneiss.......	1330 mètres.
	Calcaires...............	1260

Arenaria ciliata L.

Moyenne des maxima de la limite supérieure, versant nord.	Schistes et gneiss.......	2560 mètres.
	Calcaires..............	1820
Moyenne des maxima de la limite inférieure, versant nord.	Schistes et gneiss.......	2000 mètres.
	Calcaires..............	1300

Ces différences considérables font voir combien il est nécessaire de se placer dans des conditions égales à l'égard du sol, pour faire ces sortes de comparaisons dans un même groupe de montagnes.

Je n'ai pas parlé des observations faites sur les versants ouest et est d'une même vallée dirigée du S. au N. Ces différences sont peu importantes. J'ai trouvé le plus souvent, comme M. Sandtner (1), une légère élévation des limites d'altitude sur le versant ouest, dans les Alpes d'Autriche. Il faut se placer pour ces observations dans des conditions absolument comparables. Il faut que les deux observations mises en regard soient prises dans un plan perpendiculaire à la direction de la vallée.

Nous connaissons maintenant les variations, souvent très grandes, que peut présenter la limite d'une espèce en altitude dans une même contrée. Cette étude préliminaire était indispensable pour nous permettre de comparer à cet égard diverses régions de la flore alpine d'Europe. Il est essentiel en effet de faire porter les comparaisons sur des groupes de montagnes analogues, où la région des neiges éternelles soit étendue, où le sol présente les mêmes caractères; il faudra, de plus, comparer les limites prises sur des versants exposés de la même manière, et prendre sur ces versants les points où la limite se trouve située dans des stations comparables (les maxima des arêtes ou les minima des vallées, par exemple).

Considérons de nouveau, pour ces comparaisons, les trois

(1) *Flore*, 1849, p. 116. — De Candolle. *Géogr. botan.*, I, p. 19.

régions désignées plus haut (voy. page 8). Chaque limite d'altitude décrivant, pour un versant, une sorte de courbe sinusoïde, j'ai pris la moyenne de tous les maxima de cette courbe sur un même versant (versant sud).

Voici d'abord quelques résultats relatifs aux plantes ligneuses :

LIMITES SUPÉRIEURES D'ALTITUDES.

(moyenne des maxima).

NOMS des ESPÈCES OBSERVÉES.	CARPATHES (Tatra).	ALPES AUTRICHIENNES.	DAUPHINÉ.
Abies excelsa DC. (1)	1460m	1700m	1750m
Larix europæa DC.	1485	1950	2020
Pinus Cembra L.	1612	1960	2100
Sorbus aucuparia L. (2)	1590	1800	1850
Pinus silvestris L.	1230	1610	?
Pinus Mughus Scop. (3)	1880	2000	»
Betula alba L.	1576	?	1750
Acer pseudo-Platanus L. (4)	1270	1570	1600?
Fagus silvatica L.	1020	1250	1360
Salix herbacea L.	2500	2550	2700
Salix retusa L.	2000	2200	2300
Salix reticulata L.	2000	2200	2300
Salix hastata L.	1990	2000	2100

On voit que ces limites supérieures sont plus élevées en Dauphiné que dans les Alpes autrichiennes, et surtout bien plus élevées dans les Alpes que dans les Carpathes. Cette variation m'a paru assez régulière pour toutes les limites observées.

(1) Le nombre 1527 donné par Wahlenberg (*loc. cit.*) pour les Carpathes représente le maximum le plus élevé. M. Scherfel (*loc. cit.*) donne d'une manière générale 1400 mètres comme altitude supérieure.

(2) Le nombre 1624 donné par Wahlenberg (*l. c.*) pour les Carpathes est beaucoup plus élevé que la moyenne des maxima. M. Scherfel (*loc. cit.*) indique 1500 comme limite supérieure.

(3) M. Friederich Fuchs donne 1920 mètres comme le maximum le plus élevé dans les Carpathes (Scherfel, mss. inéd.).

(4) M. Kolbenheyer (*loc. cit.*) a vu exceptionnellement cette limite supérieure atteindre 1588 mètres dans le Tatra.

Nous avons dit plus haut que la limit inférie ure de la zone subalpine était souvent peu nette et difficile à déterminer; elle paraît dépendre beaucoup plus des conditions climatériques locales que la limite supérieure. Ainsi dans les quelques cas où j'ai essayé de déterminer la limite inférieure des espèces ligneuses, je n'ai pas trouvé des résultats aussi concordants que pour les limites supérieures.

Voici quelques moyennes de maxima :

LIMITES INFÉRIEURES D'ALTITUDE.

(moyenne des maxima).

NOMS des ESPÈCES OBSERVÉES.	CARPATHES (Tatra).	ALPES AUTRICHIENNES.	DAUPHINÉ.
Pinus Cembra L.	1295m	1300m	1850m
Pinus Mughus Scop	1300	1300?	»
Salix hastata L	1550	1350	1600
Salix reticulata L	1600	1600	1700
Salix retusa L	1600?	1600	1700
Salix herbacea L	1850	1910	2000

Ainsi les résultats sont moins nets pour les limites inférieures, et si l'on peut constater des différences dans le même sens que les précédentes, elles sont, en tout cas, moins grandes.

Voici maintenant quelques résultats pour les espèces herbacées ou à parties aériennes herbacées (page 43) :

On voit par ces quelques nombres que les limites supérieures vont encore en s'élevant du N. E. au S. O. de la flore alpine. Il n'en est pas de même des limites inférieures (sauf celles de quelques espèces qui sont très élevées). Elles ont en moyenne la même valeur absolue dans les Alpes que dans les Carpathes, pour les espèces précédentes.

A mesure qu'on s'avance vers la région N. E. de la flore alpine jusqu'aux Carpathes septentrionales, les aires des es-

pèces ne sont pas simplement déplacées de haut en bas, elles sont en outre rétrécies ; la limite supérieure et la limite inférieure d'extension d'une même espèce se rapprochent.

NOMS des ESPÈCES OBSERVÉES.	LIMITES SUPÉRIEURES.			LIMITES INFÉRIEURES.		
	CARPATHES.	ALPES AUTRICHIENNES.	DAUPHINÉ.	CARPATHES.	ALPES AUTRICHIENNES.	DAUPHINÉ.
Anemone alpina L.	2200m	2200m	2450m	1210m	1250m	1220m
Anemone narcissiflora L.	2200	2200	2200	1520	1260	1200
Ranunculus alpestris L.	?	2050	?	1450	1280	1200 [1]
Arabis alpina L.	1820	2270	3000	1310	1200	450
Cerastium alpinum L.	2200	1950	2450	1450	1260	1800
Silene acaulis L.	1800	2300	2500	1550	1400	1800
Geum montanum L.	1820	2900	2200	1450	1280	1240
Trifolium badium L.	1800	1800	2300	1300	1300	1600
Hedysarum obscurum L.	2050	2220	2300	1500	1580	1750
Leucanthemum alpinum Lam.	2400	2560	2600	1600	1750	1750
Artemisia spicata Wulf.	1950	2500	2550	1550	1900	1900
Gnaphalium supinum L.	2040	2250	2400	1580	1580	1700
Antennaria carpathica Bluf. et Fing.	2400	2560	2600	1550	1900	1900
Aronicum Clusii Koch.	2200	2300	2600	1560	1580	»
Androsace obtusifolia All.	2100	2500?	2500	1460	1480?	1750
Rhodiola rosea L.	1750	1920	2200	1450	1270	1450
Sedum alpestre Vill.	2000	2250	2300	1600	1850	1650
Phleum alpinum L.	1850	1950	2100	1300	1250	1200
Agrostis alpina Scop.	2250	2460	2550	1600	1800	1750
Avena versicolor Vill.	2050	2450	»	1550	1550	»
Carex atrata L.	2100	2100	2250	1500	1250	1400
Carex sempervirens L.	1900	1900	2100	1500	1300	1300
Carex firma Host.	2200	2100	?	1450	1300	?
Luzula spadicea.	2250	2300	2300	1550	1560	1850

Nous remarquerons cependant que cette variation d'extension est moins développée pour les espèces tout à fait alpines dont la limite inférieure se trouve à une grande altitude, comme les *Hedysarum obscurum*, *Leucanthemum alpinum*, *Antennaria carpathica*, etc.

(1) Les quelques nombres imprimés en chiffres gras remplacent les observations personnelles qui manquent. Ils sont donnés d'après MM. Scherfel (Carpathes), Hinterhuber (Alpes autrichiennes) et Verlot (Dauphiné) (*loc. cit.*).

Nous pouvons ainsi conclure de ces mesures comparatives que :

Les limites supérieures des espèces alpines sont, en général, régulièrement plus basses dans les Carpathes que dans les Alpes, et un peu plus basses dans les Alpes autrichiennes que dans les Alpes françaises.

Les limites inférieures des espèces alpines (à l'exception de celles de la haute zone) paraissent au contraire sensiblement les mêmes, en moyenne, dans les Carpathes que dans les Alpes.

Il est nécessaire d'ajouter qu'on rencontre quelques exceptions au sujet de l'uniformité dans la distribution relative des espèces en altitude. Elles sont peu nombreuses. Un très petit nombre d'espèces habitent exclusivement une zone dans une contrée et s'étendent dans d'autres zones en une autre région.

Ainsi le *Senecio abrotanifolius*, qui ne s'élève guère au-dessus de 1700 m. dans les Alpes centrales, monte jusqu'à la zone alpine supérieure dans les Carpathes. L'*Aconitum Napellus*, qui est limité à la zone tout à fait inférieure en Dauphiné (1), se trouve entre les limites de la zone subalpine dans les Carpathes et dans les Alpes centrales (2). Le *Dianthus superbus*, qu'on ne trouve que dans les plaines ou les basses vallées des Alpes, habite la zone alpine des Carpathes. Le *Meum Mutellina* s'élève jusqu'à 2350 mètres dans le groupe du Tatra, où il est très abondant, et ne monte pas au-dessus de 1950 mètres dans les Alpes autrichiennes.

On peut remarquer que ces espèces, qui font exception, remplacent pour la plupart, dans les contrées où elles s'élèvent davantage, d'autres espèces voisines ; ces espèces voisines existent dans les régions où l'extension des premières est plus limitée. On peut supposer que dans ces dernières régions c'est la présence d'espèces voisines qui fait obstacle à leur extension en altitude.

(1) Sauf dans les montagnes du Villard-de-Lans.

(2) En Auvergne aussi, où manquent plusieurs *Aconitum* des Alpes, l'*A. Napellus* s'élève dans la région subalpine.

Tels sont les faits observés.

Examinons s'ils peuvent être rapprochés d'autres faits déduits des observations météorologiques faites dans ces régions.

On connaît quelle est la méthode employée par M. Alphonse de Candolle, pour intégrer les sommes des températures utiles aux végétaux dans les diverses contrées. Je n'ai pas besoin de l'exposer ici. Dans ces derniers temps, on a adressé à M. de Candolle plusieurs critiques sur cette méthode, mais on n'en a point adopté d'autres. Une des principales causes d'erreur, lorsqu'on cherche les relations entre l'une des espèces et les sommes de température, tient à la chaleur reçue directement par la plante et dont l'effet utile est difficile à mesurer. Cette quantité de chaleur reçue directement augmente avec l'altitude et surtout avec la latitude; mais dans le cas actuel cette difficulté peut être éliminée. Nous ne comparons en effet que des contrées dont la latitude est fort peu différente, et si nos comparaisons portent sur des zones d'égales altitudes dans deux régions, où la neige ait séjourné pendant le même temps, on pourra admettre approximativement que la chaleur reçue directement ne sera pas, en moyenne, sensiblement différente.

Au sujet des objections faites, voici ce que M. de Candolle m'a écrit, en m'autorisant à le publier :

« On m'a reproché d'avoir calculé les sommes de température à partir de 0° et non à partir du degré auquel commence la végétation de chaque espèce. L'objection paraît au premier coup d'œil bien fondée; mais plusieurs causes m'ont engagé autrefois et m'engageraient encore aujourd'hui à faire ce que j'ai fait : 1° La température initiale nécessaire n'a été cherchée que dans un très petit nombre d'espèces. 2° Quand on croit l'avoir déterminée, l'assertion est douteuse, car il est possible qu'une élaboration interne ait eu lieu avant que cela se voie à l'extérieur, par un grossissement ou un épaississement des bourgeons. 3° Si, en partant de 0°, on englobe dans la somme quelques températures inutiles parce qu'elles étaient trop

faibles, c'est une sorte de compensation des températures utiles dont les thermomètres à l'ombre ne tiennent pas compte, savoir, la chaleur communiquée directement par les rayons du soleil dans les jours froids, chaleur qui varie extrêmement, selon la clarté du ciel et sa couleur ou la nature des branches ou des bourgeons de chaque plante. Par ces motifs et par plusieurs autres, la méthode des sommes est seulement approximative, mais ce n'est pas une raison pour la négliger, puisque jusqu'à présent on n'en a pas une plus précise, applicable aux phénomènes naturels, hors des laboratoires (1). »

J'ai donc essayé de voir si l'application de cette méthode ne donnerait pas des résultats concordant avec ceux précédemment exposés, relatifs à la distribution des zones de végétaux dans les diverses régions de la flore alpine.

Grâce aux bureaux centraux météorologiques de Pest et de Vienne, à des observations inédites comme à des observations publiées (2), j'ai pu réunir un certain nombre de données suffisantes pour essayer d'appliquer, sans faire intervenir de nouvelles hypothèses, la méthode des sommes de températures.

En calculant ces sommes de températures au-dessus de 0° pendant le temps où il n'y a pas de neige, on obtient des résultats qui, d'une manière générale, sont très satisfaisants.

Sans donner de fastidieuses listes de chiffres, je citerai les principales conclusions qu'on peut tirer de leur examen comparatif.

1° *Variations sur un même versant.* — Si l'on cherche à calculer en des points spéciaux d'un même versant les sommes

(1) Lettre du 22 avril 1880.

(2) Je citerai les documents suivants : *Jahrbücher der K. K. Central-austalt für Meteorologie und Erdmagnetismus*, par Carl Jelinek et Carl Fritsch. Vienne, 1871. On trouve dans cet ouvrage des renseignements sur l'époque de la floraison, de la fructification, etc., d'un grand nombre de végétaux, d'après des observations faites comparativement dans treize stations différentes. — *Jahrb. der K. ungar. meteorol. Institutes*. Buda-Pest, 1875. — *Die Hohe Tatra*, v. Kolbenheyer, p. 15 et suiv., obs. du prof. Fürisz et du prof. Karlinski. — *Die Temperatur Verhältnisse von Oesterreich-Ungarn dargestellt durch Isothermen*, par Joseph Chavanne, Vienne, 1871. — *Die Gebirgsgruppe*, etc. (*loc. cit.*), Sonklar, p. 458 et suiv.

de températures pendant l'absence des neiges, et d'autre part, si l'on prend la simple moyenne des températures pendant le même temps, on trouve en général des résultats qui varient à peu près de la même manière. Autrement dit, la ligne des égales sommes de températures présente les mêmes ondulations que les lignes isothermiques. Pour les unes comme pour les autres, les maxima d'altitude sont sur les arêtes qui séparent deux vallées, les minima au fond des vallées. Nous avons vu que les oscillations des limites d'altitude présentent une courbe sinusoïde analogue.

On comprend dès lors que les courbures de cette ligne soient d'autant moins accentuées que la région des neiges éternelles est moins importante dans le groupe de montagnes considéré. Dans les groupes de montagnes où les glaciers sont très étendus, le temps pendant lequel la neige séjourne au fond des vallées est relativement beaucoup plus grand que celui où elle séjourne sur les pentes de séparation.

2° *Variations sur les versants nord et sud.* — En opérant de même sur les versants nord et sud d'une même chaîne de montagnes, on obtient (comme cela semble évident *à priori*) une concordance analogue, qui explique très simplement les résultats que nous avons trouvés.

3° *Variations d'une région à une autre de la flore alpine.* — En calculant à la même altitude, pour la même exposition, les sommes de températures au-dessus de zéro, d'une part dans les Alpes autrichiennes pendant l'absence des neiges, d'autre part dans les Carpathes, on arrive aux résultats suivants :

Les nombres sont les mêmes en moyenne dans les deux groupes de montagnes jusqu'à 1500 mètres d'altitude environ; pour les hautes altitudes, les sommes de température sont toujours plus basses dans les Carpathes que dans les Alpes (1).

Ces résultats peuvent être rapprochés de ceux que nous avons signalés plus haut à propos des limites d'altitude.

(1) L'absence d'observations précises m'a empêché d'étendre ces calculs aux Alpes françaises.

Nous avons vu, en effet, que les limites inférieures d'altitude et les limites supérieures relativement basses étaient sensiblement les mêmes dans les Carpathes et dans les Alpes, tandis qu'au contraire les limites supérieures allaient en s'abaissant vers le N. O. On peut donc conclure, comme M. Alph. de Candolle, en rapprochant ces faits des résultats précédents, que l'*aire des espèces est liée* (*toute autre condition étant égale*) *à la somme des températures utiles*.

Les quelques observations qui précèdent, faites presque toutes personnellement sur place, suivant la même méthode, dans trois contrées éloignées de la flore alpine d'Europe, mettent en évidence les nombreux caractères communs de cette flore. L'étude bibliographique des observations données par les divers auteurs, la comparaison de toutes les flores ou catalogues publiés, ne peuvent fournir les mêmes résultats; elles donnent aux différences une importance exagérée, elles masquent au contraire de nombreuses ressemblances.

Parmi les influences actuelles qui peuvent agir sur la distribution des espèces, nous avons examiné celles de la nature du sol et celles qu'entraîne l'altitude.

Nous avons vu que l'influence de la nature chimique du sol n'a pas de valeur absolue; elle peut agir sur la distribution des espèces, mais d'une manière très différente dans les diverses contrées, quelquefois même en sens absolument inverse.

Après avoir reconnu, en général, la distribution relative constante des espèces, nous avons vu combien variait en valeur absolue une même limite d'altitude, sur un même versant et d'un versant à un autre, pour un même groupe de montagnes.

Nous avons reconnu que dans les mêmes conditions de station, les limites supérieures des espèces s'abaissaient vers le N. E. de la flore alpine d'Europe; qu'au contraire les limites inférieures restent à peu près les mêmes.

Enfin l'application de la méthode des sommes de chaleur, en tenant compte du plus ou moins long séjour des neiges, peut suffisamment faire comprendre ces variations d'altitude.

QUELQUES OBSERVATIONS

SUR LA FORMATION ET LA GERMINATION

DES SPORES, DES UROCYSTIS (*USTILAGINÉES*).

Par M. Éd. PRILLIEUX.

J'ai récolté récemment (1), en abondance, deux espèces d'Urocystis, l'*U. Colchici* que j'ai trouvé dans le parc de Versailles, près de la porte de St-Cyr, et l'*U. Violæ* que j'ai observé d'abord dans la forêt de Marly et que j'ai retrouvé à Paris même dans mon jardin où il s'est développé très abondamment.

L'histoire des Urocystis est encore incomplète, on n'a observé la germination des spores, jusqu'ici, que dans deux espèces, l'*Urocystis occulta* (2) et l'*U. pompholygodes* (3), j'ai été assez heureux pour la suivre dans l'*U. Violæ*. Quant à la formation des spores qui présentent chez les *Urocystis* cette particularité caractéristique qu'elles sont réunies en glomérules et que dans chaque glomérule les spores du centre seules sont bien développées et fertiles, les observations sont loin d'être suffisantes, elles ont porté sur deux espèces seulement, l'*U. occulta* et l'*U. Colchici*. Dans la première espèce M. Wolf (4) a décrit le phénomène d'une façon autre que ne l'avait fait M. Kühn qui l'avait étudié le premier quinze ans auparavant; dans la seconde, M. Winter (5), tout en adoptant une partie des idées de M. Wolf, a constaté des différences assez considérables avec ce qui a été observé dans l'*U. occulta*. M. Fischer de Waldheim (6), à qui on doit de nombreuses et excel-

(1) En juin 1880.
(2) Kühn, *Krankheit. d. Kultur-Gewächse*, 1858, et M. Wolff, *Bot. Zeit.*, 1873
(3) Fischer de Waldheim, *Jahrb. für wiss. Bot.*, 1869-1870.
(4) *Loc. cit.*
(5) *Flora*, 1876.
(6) *Loc. cit.*

lentes observations sur le développement des Ustilaginées, n'a pas eu l'occasion d'étudier la formation des spores des *Urocystis*; dans sa monographie des Ustilaginées (1), il établit, comme il l'indique en note (2), la diagnose de ce genre conformément aux recherches de MM. Winter et Wolff.

J'ai voulu profiter des matériaux que j'avais à ma disposition pour contrôler les observations publiées en abordant à mon tour cette délicate étude.

L'*Urocystis Colchici* attaque les feuilles du Colchique et y forme des taches allongées, qui sont disposées en file entre les nervures et montrent leur couleur noire à travers l'épiderme qui les recouvre. Souvent les taches sont très nombreuses, très rapprochées et se confondent. A la maturité, l'épiderme étendu au-dessus d'elles se déchire et les spores se répandent au dehors. Les taches sont surtout développées vers le sommet des feuilles et, d'ordinaire, ne se montrent que sur la feuille extérieure, mais on en trouve sur toute cette feuille, même sur la portion de la gaîne qui est souterraine ; seulement, là, le développement est plus tardif et les taches sont encore blanches et les spores incomplètement formées au-dessous de la surface du sol quand au sommet de la feuille l'épiderme est déjà déchiré et la poussière noire emportée par le vent. A part l'épuisement que cause le parasite et le dessèchement prématuré des parties des feuilles dont l'épiderme se fend pour permettre la dissémination des spores, on peut dire que les feuilles attaquées n'ont pas, dans le Colchique, d'aspect particulier. Il n'en est pas de même pour les Violettes, dans l'intérieur desquelles se développe l'*U. Violæ*, elles présentent les plus singulières déformations : les tissus envahis prennent un développement extraordinaire et maladif (fig. 1-4) ; le limbe des feuilles se montre par places, contourné, bosselé, renflé en cloque ou bien parfois fort réduit, et c'est le pétiole qui est extrêmement tuméfié et à l'intérieur duquel on peut voir sur

(1) *Aperçu systématique des Ustilaginées*. Paris, 1877.
(2) p. 37.

une coupe de nombreux foyers de formation de poussière noire de carie. Les pédoncules floraux sont aussi fortement atteints que les pétioles des feuilles, et ils se changent assez souvent en de gros corps fort allongés en même temps que renflés et contournés de la façon la plus bizarre (1).

L'hypertrophie peut atteindre jusqu'au fruit, j'ai vu le calice et le pistil même criblés de taches de carie et fort extraordinairement développés (2).

Dans les axes comme les pédoncules, les amas de spores ne se montrent pas seulement dans les parties voisines de l'extérieur; certainement le plus grand nombre est dans le parenchyme cortical, mais il s'en produit aussi même dans les parties les plus profondes, à l'intérieur du cylindre ligneux, jusque dans la moelle.

Toutes ces parties déformées et gonflées sont d'un vert foncé à reflet violet, la matière verte n'est pas altérée, mais sa couleur est mêlée à celle d'un liquide violet qui se produit dans beaucoup de cellules voisines de la surface. Sur des échantillons conservés dans l'alcool et où toute la matière colorante est dissoute on voit, par transparence, toutes les taches noires dont le tissu tuméfié est criblé.

Les amas de spores mûres ou déjà du moins de couleur foncée, sont entourés d'une sorte de feutrage de filaments très délicats ramifiés et contournés au milieu desquels on voit des pelottes arrondies, incolores, qui sont les rudiments de nouveaux glomérules de spores ; les filaments vont au-delà des dépôts déjà formés, produire de nouveaux amas de spores tandis que les premiers continuent de grandir, et souvent se confondent avec des dépôts voisins primitivement séparés. Sur une coupe d'un pédoncule de violette fort gonflée, mais non pas au-delà de ce que l'on peut regarder comme un cas ordinaire (3), je vois, dans la moelle, deux petits dépôts, puis, en dehors du cylindre ligneux, sept gros amas

(1) Fig. 1.
(2) Fig. 3.
(3) Il est représenté figure 1.

dont l'un, de forme étoilée, est le produit d'au moins trois amas de taille moyenne et en outre une dizaine de petits amas.

Quand les spores sont mûres, elles sortent au dehors par des crevasses et des déchirures qui se font dans le tissu hypertrophié.

L'hypertrophie porte sur le tissu cellulaire, au milieu duquel se glissent les filaments du *mycelium* de l'*Urocystis*. C'est surtout au voisinage des foyers de formation de spores qu'on peut l'observer bien nettement, sur les organes encore en voie de développement. Si on examine par exemple un pétiole sur un des côtés duquel se forme une tumeur de carie, la différence entre le tissu hypertrophié et le tissu normal est particulièrement frappante. Dans la région infectée, on voit un très grand nombre de cellules petites, anguleuses, presées les unes contre les autres et réunies en grands amas ordinairement ovoïdes, que séparent les uns des autres des lignes de démarcation assez nettement tracées (1). Ces amas répondent aux cellules normales ovoïdes que l'on voit dans le côté sain de l'organe ; tout en grandissant au delà de leur taille normale et de façon à doubler au moins de diamètre, dans tous les sens, le plus souvent, les cellules se sont en outre divisées par formation successive et réitérée, de cloisons à leur intérieur, parfois au point de présenter sur une coupe vingt cellules filles et plus, à leur intérieur. —Sur une tumeur plus âgée, les cellules filles ont grandi et on ne peut plus distinguer les cellules mères.

Les spores, dans les *Urocystis*, sont réunies en glomérules arrondis ou ovoïdes, dont la surface est formée par des cellules que l'on peut regarder comme des spores imparfaites et non fertiles (2). Les spores fertiles sont d'un brun foncé et presque opaques, tandis que les spores stériles ou cellules de la périphérie, sont transparentes et faiblement colorées. Dans l'*Urocystis Violæ* (3) il ya, au centre de chaque glomérule, un

(1) Fig. 8.
(2) Fig. 5, 6, 19 et 20.
(3) Fig. 5 et 6.

nombre assez variable de spores fertiles, ordinairement de 2 à 8, assez souvent même il n'y en a qu'une seule. Dans l'*U. Colchici* (1), le plus fréquemment, il n'y a qu'une ou deux spores fertiles par glomérule. Elles ont du reste, dans les deux plantes, même structure, même organisation et même origine. Dans les deux, les amas de glomérules de spores sont entourés d'un tissu serré de filaments, au milieu desquels on distingue des glomérules naissants et à des degrés divers de développement. Ces filaments que l'on observe autour des points de formation des spores, sont ramifiés et sinueux (2) ; ils produisent de nombreux rameaux, très courts, et souvent se divisent par des cloisons qui peuvent être très rapprochées (3), de telle façon que chaque filament se montre comme une file de cellules assez peu régulières, tantôt plus longues, tantôt plus courtes. Ces filaments peuvent pénétrer dans l'intérieur des cellules, tandis que ceux du *mycelium* végétatif s'étendent exclusivement dans les méats intercellulaires. On peut bien les désigner, avec M. Fischer de Waldheim, du nom de filaments sporogènes; ce sont les ramifications dernières du mycelium qui remplissent les espaces où les spores prennent naissance et qui sont capables de les produire.

On sait que les spores ne se forment pas de la même façon dans les différents genres de la famille des Ustilaginées, que, pour prendre les exemples les mieux étudiés et les plus connus, les spores du charbon (*Ustilago*) ne sont pas produits de la même façon que ceux de la carie (*Tilletia*). Les observations de MM. Tulasne de Bary; Kühn, Fischer de Waldheim, etc., ont mis ce fait hors de doute. Dans les *Ustilago*, les filaments sporogènes deviennent très gélatineux, de façon à se confondre en une masse où on ne peut plus les distinguer; en même temps ils se dilatent et forment des renflements arrondis, plus ou moins irréguliers, qui se séparent par des cloisons et dont le contenu se change en spores que l'on voit

(1) Fig. 19, 20 et 21.
(2) Fig. 10.
(3) Fig. 9 et 11.

briller au milieu de la masse gélatineuse. Dans les *Tilletia*, au contraire, les filaments sporogènes sont à peine gélatineux; très ténus, souvent beaucoup plus minces que ceux du mycelium; les spores s'y forment isolément par un gonflement de l'extrémité des filaments sporogènes.

La formation des spores agglomérées des *Urocystis*, parait s'éloigner considérablement de celle de tous les autres genres, à en juger d'après les plus récents travaux.

M. Kühn (1), le premier, l'étudia sur l'*Urocystis occulta*. Il vit la masse blanchâtre que forme le mycelium duparasite et les filaments sporogènes délicats, ramifiés et entortillés les uns aux autres et assura que ces filaments produisent des dilatations latérales vésiculeuses qui deviennent ensuite des spores. Ces vésicules, ou bien se transforment immédiatement en spores, ou bien se divisent une fois ou deux avant de prendre la forme définitive de spores. Communément, elles produisent encore les spores accessoires et stériles par ramification latérale.

M. de Bary (2) a fait sur ce dernier point une rectification en affirmant que les cellules superficielles des glomérules ne sont pas des cellules sœurs des spores, mais sont formées par de courtes hyphes qui se fixent solidement à la surface extérieure des jeunes spores.

M. Wolff (3) a, depuis, repris l'étude de la formation des glomérules de spores de l'*Urocystis occulta* et a été frappé des courbures que présentent les filaments sporogènes. D'après ses observations, plusieurs de ces filaments se rencontrent et s'enroulent les uns aux autres, de façon à former une sorte de peloton dans lequel on reconnaît, pendant un certain temps, nettement la membrane des filaments composants ; puis elle devient indistincte et alors tout le corps en peloton se recouvre d'une membrane qui se prolonge en lames vers l'intérieur, de façon à diviser la masse en plusieurs portions qui sont les spores. Quant aux spores accessoires ou cellules périphériques

(1) *Loc. cit.*, p. 78 et 79, et pl. IV, fig. 12 et 13.
(2) *Morphol. d. Pilze*, 1866, p. 125.
(3) *Bot. Zeit.*, oct. 1873, n° 44.

du glomérule, M. Wolff admet, conformément à l'opinion de M. de Bary, que des filaments émanant de divers rameaux du mycelium, se fixent au jeune glomérule de spores : chaque cellule périphérique est produite par l'extrémité d'un filament renflé et séparé du reste par une cloison ; ces productions ne se montrent qu'après la formation des spores.

M. Winter (1) a aussi étudié la formation des spores d'*Urocystis*, mais sur une autre espèce, l'*Ur. Colchici*. Son opinion diffère assez notablement de celle de M. Wolf. Il admet bien aussi qu'il y a une différence initiale et essentielle entre les filaments qui donnent naissance aux spores véritables et ceux qui produisent les cellules sporiformes de la périphérie du glomérule, mais il reconnaît que dans l'*Ur. Colchici* ils se forment simultanément, ils ont le même diamètre, et qu'on ne peut saisir de différence, ni de structure, ni de contenu entre ceux qui, s'enroulant en spirale, occupent le centre du glomérule et sont sporigères, et ceux qui les enveloppent en se courbant aussi plus ou moins autour d'eux et donnent naissance aux cellules périphériques. Quant au mode de formation des spores principales, il admet que le rameau spiral central se gélifie de façon que les contours intérieurs du filament disparaissent dans les places où les tours sont appliqués les uns sur les autres, c'est-à-dire à l'intérieur de la spirale, puis, que chaque tour se change en spore, mais il avoue que l'extrême difficulté de l'observation ne lui a pas permis de saisir les détails du phénomène.

On voit qu'il est bien difficile de se former d'après ce qui a été publié, une opinion nette et sûre touchant la formation des spores d'*Urocystis;* les données fournies par les observateurs sont vagues et contradictoires sur bien des points.

Les deux espèces sur lesquelles j'ai repris cette étude l'*Ur. Colchici* qui avait été examiné par M. Winter et l'*Ur. Violæ*, m'ont présenté des phénomènes identiques ; j'ai pu contrôler sur l'une ce que j'avais vu sur l'autre. Il n'y a donc pas

(1) *Flora*, 1576, n° 10, p. 150.

lieu de décrire à part à deux reprises ce qui se passe dans les deux espèces.

Les spores réunies en glomérules se développent dans des espaces occupés par un tissu dense formé de filaments délicats sinueux, ramifiés, entrecroisés et pressés les uns contre les autres, de façon à ne point laisser de vide. Il est, on le comprend, difficile en de telles places de les démêler et de suivre le parcours de l'un d'eux sur un trajet un peu long, mais on voit du moins sur des coupes très minces, qu'ils sont souvent ramifiés et divisés en courts articles par des cloisons transversales (1). Dans les cellules voisines, on peut souvent mieux distinguer le passage des tubes du mycélium aux filaments sporifères. Les premiers s'allongent en ligne droite à travers les espaces intercellulaires de la feuille du Colchique, par exemple (2), tandis que les filaments sporifères se courbent, se divisent en très courts articles et se mêlent les uns aux autres de telle façon, que l'on a la plus grande peine à les suivre. Comme ils sont divisés chacun en cellules très courtes aussi larges que longues, on peut aisément comprendre que de leur intrication résulte un petit amas dans lequel les filaments primitifs ne sont plus guère distincts.

Ce sont de tels filaments plus ou moins emmêlés et divisés par des cloisons plus ou moins rapprochées qui occupent les espaces où se forment les glomérules de spores. Les glomérules dont le développement est achevé ou très avancé occupent le milieu, autour d'eux on en voit de plus jeunes qui sont encore en voie de formation. Ce sont alors des petites masses arrondies formées de filaments pelotonnés et dans lesquels on peut le plus souvent assez bien distinguer les cellules tantôt un peu allongées et courbées, tantôt très courtes, qui en forment la surface (3). Je n'ai pas pu observer d'état antérieur; dès sa première apparition le glomérule se montre composé de filaments sporogènes entrelacés, de façon à con-

(1) Fig. 9-12.
(2) Fig. 24 et 25.
(3) Fig. 15 et 16.

stituer une petite boule dont l'organisation rappelle assez bien celle de certains très petits sclérotes, tels que les petits corps solides ayant l'apparence de périthèces que portent les filaments du rhizoctone des safrans. Sans doute on voit des filaments diversement courbés et tels que les ont figurés MM. Wolff et Winter, cependant j'avoue que je n'ai rien pu distinguer qui autorise à admettre dans le glomérule naissant l'existence d'un filament spiral spécial, occupant le milieu du petit corps et autour duquel s'enrouleraient des filaments d'une autre nature. Un certain passage du mémoire de M. Winter (1) indique d'une manière très dubitative, il est vrai, l'analogie du filament interne contourné en spirale avec un carpogone et celle des rameaux qui l'entourent avec des pollinodes; peut-être cette idée théorique a-t-elle eu quelque influence sur la façon dont l'auteur a envisagé et interprété les faits qu'il a observés. Quant à moi, je le répète, il m'a été tout à fait impossible de discerner un filament spiral spécial au centre du glomérule.

Quand le glomérule s'accroît et grossit, quelques cellules du centre se distinguent par leur plus grande taille et prennent le caractère de vraies spores, tandis que les cellules contiguës deviennent les cellules superficielles et que le reste des filaments sporifères se gélifie et se détruit.

Peut-on pousser l'observation au delà et discerner comment les cellules intérieures du glomérule se changent en spores? L'observation directe est difficile, mais on parvient plus aisément au but par une voie détournée.

En examinant le tissu irrégulièrement feutré qui entoure les glomérules, on peut voir parfois des filaments sporifères ramifiés, qui se terminent par une dilatation globuleuse dans laquelle il paraît impossible de méconnaître une jeune spore simple pareille à celle des *Tilletia* (2). En examinant les amas de spores, on voit en effet parmi les glomérules quelques

(1) *Loc. cit.*, p. 152.
(2) Fig. 13, 14 et 22.

spores isolées (1). Je crois pouvoir affirmer sans hésitation que ces spores isolées sont ainsi formées de la même façon que celles des *Tilletia*. J'ai vu de semblables rameaux de filaments sporogènes terminés par une spore isolée et dans l'*Urocystis Violæ* (2) et dans l'*Ur. Colchici* (3). Je trouve un fait semblable figuré dans un des desseins de M. Wolff (4) d'après l'*Ur. occulta*, bien que l'auteur ne l'interprête pas ainsi. Il a du reste positivement signalé et figuré (5) une spore isolée non entourée de cellules périphériques et germant. On peut encore trouver une spore isolée germant, appartenant à une autre espèce, l'*Urocystis pompholygodes* et représentée par M. Fischer de Waldheim (6), qui a d'ailleurs observé et figuré dans le genre *Sorisporium*, très voisin des *Urocystis* et spécialement dans le *Sorisporum saponariæ*, l'existence de spores solitaires et leur mode de formation analogue à celui des *Tilletia* (7).

Quand après avoir observé la formation des spores isolées, on cherche à pénétrer ce qui se passe dans les glomérules naissants, on peut reconnaître sur des coupes optiques (8) que les spores ne s'y forment pas autrement que les spores isolées et que ce sont de même des extrémités de rameaux de filaments sporogènes qui se renflent en spores à l'intérieur des petits pelotons.

Il résulte de ce qui précède que d'après leur mode de formation, les spores d'*Urocystis* sont fort analogues à celles des *Tilletia*. L analogie n'est pas moindre en ce qui touche à la germination des spores.

On n'a observé jusqu'ici la germination des spores d'*Urocystis* que dans deux espèces seulement ; elle a été décrite et figurée dans l'*Urocystis occulta*, par Kühn d'abord (9), puis

(1) Fig. 7.
(2) Fig. 13 et 14.
(3) Fig. 22.
(4) *Loc. cit.*, fig. 25.
(5) *Ibid*, p. 659 et fig. 4.
(6) Pl. XII, fig. 41.
(7) *Loc. cit.*, p. 89 et pl. X, fig. 17, 18 et 19.
(8) Fig. 17, 18 et 23.
(9) *Loc. cit.*, p. 79 et pl. II, fig. 14-33.

par M. Wolf (1), et dans l'*Urocystis pompholygodes*, par M. Fischer de Waldheim (2).

Dans l'*Ur. occulta* une des spores du glomérule produit un promycélium à l'extrémité duquel naissent de deux à six sporidies analogues aux corps en couronne du *Tilletia Caries*, mais qui ne sont que très rarement en connexion l'une avec l'autre, comme cela a lieu pour les sporidies de la Carie. Ces sporidies de l'*Ur. occulta* germent aussitôt après leur formation sans se séparer du promycélium. A leur base, sur le côté extérieur apparaît une saillie qui se développe en un tube de germination ayant un diamètre à peu près moitié moindre que celui de la sporidie.

M. Fischer de Waldheim a vu germer quelquefois l'*Urocystis pompholygodes :* les spores semées sur l'eau produisent comme dans l'*Ur. occulta* un promycélium que terminent des sporidies, mais celles-ci sont moins nombreuses, il ne s'en développe que deux, trois ou quatre à l'extrémité du promycélium, souvent très court; elles sont oblongues-ovales, le plus souvent arrondies au sommet; leur développement ultérieur est inconnu. Quand le promycélium se développe dans l'eau il se prolonge en un long tube sans produire de sporidies à son extrémité; ce tube se divise par des cloisons et parfois donne une ramification.

Je puis faire connaître un troisième exemple de germination d'*Urocystis* qu'il m'a été donné d'observer sur l'*Urocystis Violæ*. Semées sur l'eau les spores ont germé au bout de trois jours en donnant naissance à un promycélium qui s'allonge plus ou moins et tantôt reste unicellulaire et tantôt se divise (3). Ce promycélium peut porter à son extrémité un bouquet de six sporidies ou corps en couronne. Dans le cas le plus ordinaire le promycélium reste court et porte une couronne de six sporidies en forme de fuseaux très courts développées très régulièrement. Quand le tube s'allonge beaucoup et se cloi-

(1) *Bot. Zeit.*, 1873, n° 42, p. 659 et pl. VII, fig. 1-10.
(2) *Loc. cit.*, p. 125 et pl. XII, fig. 38-43.
(3) Fig. 26, 29, 30 et 31.

sonne (1), souvent il est stérile, parfois cependant il porte encore des sporidies mais ces corps sont généralement, dans ce cas, un peu plus petits (2).

Les glomérules ne produisent le plus souvent qu'un seul promycélium, cependant j'en ai vu donnant naissance à deux et même en trois tubes (3), mais je n'en ai jamais vu qu'un seul par glomérule porter une couronne de sporidies.

Quand les sporidies se forment à l'extrémité du promycélium, elles sont d'abord courtes et un peu courbées en forme de doigt, puis elles s'allongent en grossissant plus par le milieu que par les extrémités qui sont pointues quand ces corps ont achevé leur développement. A mesure qu'elles s'accroissent, le tube qui les porte se vide par sa partie inférieure et le plasma se porte dans le haut, finalement tout le plasma du promycélium passe dans les sporidies qui se montrent alors très réfringentes au sommet d'un support vide et transparent. Puis les sporidies, tout en restant adhérentes à l'extrémité du promycelium germent sans retard, une partie d'entre elles, du moins, trois sur six le plus souvent (4). Elles produisent alors à leur extrémité supérieure chacune une longue sporidie secondaire en forme de massue très allongée ou plutôt de cylindre effilé par sa partie inférieure. Chaque sporidie secondaire est ainsi attachée comme par un fil au sommet d'un corps en couronne : elle est ordinairement plus de deux fois plus longue mais notablement plus étroite que le corps qui la porte. Peu à peu le plasma des sporidies primaires se porte dans les sporidies secondaires, puis celles-ci se détachent et on en voit flotter un grand nombre dans le liquide sur lequel on a fait germer les spores (5).

Le mode de germination que j'ai observé dans l'*Urocystis Violæ* diffère de celui de l'*Urocystis occulta*, du seul *Urocystis*

(1) Fig. 31.
(2) Fig. 27 et 32.
(3) Fig. 26.
(4) Fig. 27.
(5) Fig. 28.

dont on ait suivi la germination aussi loin, en ce que dans cette espèce les corps en couronne germent en donnant naissance à leur partie inférieure à un tube de germination, tandis que dans l'*Ur. Violæ* ils produisent à leur sommet une sporidie secondaire de forme très régulière et très nettement déterminée.

EXPLICATION DES FIGURES

Fig. 1. Pédoncule de violette envahi par l'*Urocystis Violæ*.
Fig. 2 et 3. Feuilles de violette déformées par ce parasite.
Fig. 4. Cellules du tissu hypertrophié au voisinage d'un foyer de développement de l'*Urocystis*.
Fig. 5. Pédoncule et fruit déformés par l'*Urocystis*.
Fig. 6 et 7. Glomérule de spores mûres d'*Urocystis Violæ*.
Fig. 8-12. Filaments sporogènes du parasite.
Fig. 13. Extrémité de filaments sporogènes dilatés pour donner naissance à des spores.
Fig. 14. Filament sporogène.
Fig. 15. Spore isolée d'*Urocystis Violæ*.
Fig. 15 *a* et 15 *b*. Spores isolées se formant à l'extrémité de rameaux de filaments sporogènes.
Fig. 16 et 17. Filaments sporogènes pelotonnés en boule (origine première des glomérules de spores).
Fig. 18. Formation d'une spore à l'intérieur d'un jeune glomérule.
Fig. 19. Spore naissante d'*Urocystis Colchici*.
Fig. 20. Spore naissant à l'intérieur d'un glomérule d'*Urocystis Colchici*.
Fig. 21. Glomérule d'*Urocystis Colchici* ne contenant qu'une spore fertile.
Fig. 22. Glomérule contenant deux spores fertiles.
Fig. 23. Glomérule à une spore fertile mûre rappelant l'état naissant figuré fig. 24.
Fig. 24. Filament sporogène se pelotonnant en glomérule.
Fig. 25. Glomérule de spores d'*Urocystis Violæ* germant. Deux des spores fertiles ont produit des tubes de germination. L'un des deux porte six sporidies, dont trois ont produit des sporidies secondaires.
Fig. 26. Glomérule de spores d'*Urocystis Violæ*. Une seule spore a produit un tube de germination qui porte à son extrémité une couronne de six sporidies.
Fig. 27. Sporidies secondaires détachées du sommet des sporidies.
Fig. 28-31. Glomérules de spores d'*Urocystis Violæ* germant (grossissement moindre).
Fig. 32. Filaments sporogènes d'*Urocystis Colchici*.

LA
DÉCOMPOSITION DE L'ACIDE CARBONIQUE
PAR LES PLANTES EXPOSÉES A LA LUMIÈRE ARTIFICIELLE

Par M. A. FAMINTZIN (1).

Dans un mémoire publié en 1865 (2), j'ai montré que des filaments de *Spirogyra*, privés de leur amidon par un séjour plus ou moins long à l'obscurité, développent de très fins granules de cette matière à l'intérieur du ruban chlorophyllien, lorsqu'on les expose pendant une demi-heure environ à la lumière d'une lampe à pétrole. Dans cette expérience, la lumière était rendue plus intense par deux réflecteurs et une lentille plan-convexe, tandis que les rayons calorifiques obscurs étaient arrêtés par un vase à faces parallèles rempli d'eau. Je n'ai pas hésité à considérer l'amidon nouvellement formé comme le produit de l'assimilation de l'acide carbonique; je pouvais donc en déduire que de l'oxygène devait être émis, mais je ne l'ai pas démontré directement. Quoique cette expérience eût été confirmée par M. Kraus et par M. Prillieux, je ne fus pas surpris d'apprendre que M. Böhm (3) l'interprétait d'une manière différente. Selon cet observateur, mes expériences et celles de M. Kraus permettent de conclure « qu'il » existe dans les cellules privées d'amidon une matière orga- » nique logée, soit dans le contenu cellulaire, soit dans la » paroi même, qui serait issue dès l'origine de l'acide carbo- » nique et de l'eau ; par suite du défaut complet ou partiel de » la lumière, cette matière, incomplètement assimilée, n'au- » rait pas subi de nouvelle transformation. Ce corps hypo- » thétique ne se changerait en amidon, ou en une matière

(1) *Die Zerlegung der Kohlensäure durch Pflanzen bei künstlicher Beleuchtung*. Mélanges biolog., Saint-Pétersbourg, 1880.

(2) *Ueber die Wirkung des Kerosin lampenlichts auf Spirogyra*. Ann. sc. nat. 5e série, vol. VII, p. 167.

(3) Böhm, *Sitzungsb. d. K. K. Acad.*, mars, 1873.

» analogue, qu'en subissant d'autres métamorphoses essen-
» tiellement dépendantes de la lumière; la chaleur, l'intensité
» et la qualité de la lumière nécessaires à cet acte ne seraient
» cependant pas nécessairement les mêmes que celles qu'il
» faut à la plante pour décomposer l'acide carbonique ».

Cette explication repose en grande partie sur des essais ayant pour but d'étudier la décomposition de l'acide carbonique par des feuilles de Noyer à la lumière d'un bec papillon. Ces essais n'ont, en effet, donné à M. Böhm que des résultats négatifs. Qu'on opérât avec l'hydrogène pur ou avec un mélange d'hydrogène ou d'acide carbonique, le volume du gaz, au bout de douze heures d'éclairage, avait augmenté de 3 à 5 centimètres cubes, et cette augmentation n'était que de l'acide carbonique sans aucune trace d'oxygène. Des faits semblables avaient été observés déjà par Biot (1) et A. P. de Candolle (2).

M. Timiriazeff est arrivé à des conclusions un peu plus favorables; mais, de l'aveu même de l'auteur, incertaines. Deux fois les feuilles du *Nerium* n'ont pas décomposé l'acide carbonique; les feuilles du Myrthe ont donné une fois en douze heures un résultat négatif, mais une autre fois elles ont dégagé 0,8 centimètre cube d'oxygène; enfin, une feuille de *Cyperus Papyrus* a décomposé 1 centimètre cube d'acide carbonique en quarante heures.

Plus récemment, M. Böhm (3) affirme de nouveau, à la suite d'expériences concluantes, « que les grains d'amidon con-
» tenus dans la chlorophylle ordinaire, ne sont pas toujours,
» comme on l'admet généralement aujourd'hui, le produit
» direct de l'assimilation (amidon autochthone), mais qu'il peu-
» vent être, dans certains cas, le produit de la transformation
» de matières de réserve déjà existantes ». Il a réussi à faire apparaître de l'amidon dans les grains de chlorophylle maintenus à l'obscurité. Voici comment opère le physiologiste autri-

(1) Biot. *Froriep's, Notizen*, 1840, XIII, n° 10. Cité par Sachs. *Phys.*
(2) P. de Candolle, *Ann. der Physikque Gilbert*, XIV, p. 364, 1803.
(3) Böhm, *Landw. Versuchst.*, t. XXIII, p. 123.

chien. On enlève de bonne heure les bourgeons terminaux de jeunes pieds bien enracinés de haricot d'Espagne, et pendant que la plante est exposée au soleil, on recouvre partiellement les feuilles afin de les soustraire à l'action de la lumière. Dans les parties ainsi obscurcies, l'amidon ne tarde pas à disparaître; mais au bout de trois semaines on retrouve de l'amidon dans la chlorophylle du mésophylle, et même quelquefois en aussi grande abondance que dans les parties exposées aux rayons lumineux.

Ces deux faits, savoir: la possibilité de la formation de l'amidon chlorophyllien aux dépens de quelque matière organique préexistante et sans le secours de la lumière, et le résultat négatif auquel ont conduit les expériences à la lumière artificielle, m'ont décidé à entreprendre de nouvelles recherches sur l'influence de la lumière d'une lampe.

Les plantes que j'ai choisies sont les *Spirogyra*, *Selaginella denticulata*, *Elodea canadensis*, et *Bambusa arundinacea*. Toutes ont émis des quantités considérables d'oxygène.

Comme il ne s'agissait que d'une détermination qualitative de l'oxygène, je pouvais me servir d'un appareil très simple, qui consiste en un large tube deux fois coudé en forme d'U, et dont les deux extrémités sont fermées, l'une arrondie et l'autre étirée en pointe. Sur la partie horizontale et en regard des deux branches verticales on a soudé deux petits tubes ouverts, de sorte que l'appareil avait la forme de la lettre H, les branches verticales étant fermées en haut et ouvertes en bas. Tout étant rempli d'eau, on introduit la plante dans la branche verticale terminée en pointe, et on retourne l'appareil sur la cuve à eau de manière à faire plonger les deux tubes ouverts, ensuite on fait passer un peu d'acide carbonique dans l'autre branche verticale. Cela fait, l'appareil est porté dans la même position sur le mercure. L'acide carbonique se dissout peu à peu dans l'eau, et arrive par diffusion dans la branche qui renferme la plante. Il est décomposé, et on voit du gaz s'amasser au sommet du tube étiré. Le gaz est recueilli à l'aide d'une

pipette de Doyère, et analysé par la potasse et le pyrogallate de potasse.

Première expérience. Une petite masse de filaments de *Spirogyra* a été exposée pendant quarante heures environ à la lumière de la lampe. Il s'est dégagé 1 centimètre cube de gaz, qui n'a pas changé de volume au contact de la potasse, mais qui a été absorbé, jusqu'à une petite bulle imperceptible, par le pyrogallate de potasse; ce gaz était donc de l'oxygène.

Deuxième expérience. En quarante-huit heures, le *Selaginella denticulata* a dégagé $3^{cc},2$ d'un gaz presque exclusivement composé d'oxygène.

Troisième expérience. La même plante a donné, en quarante-deux heures, $4^{cc},4$ de gaz, contenant 0,2 d'acide carbonique et environ 3,7 d'oxygène.

Quatrième expérience. De jeunes pousses d'*Elodea canadensis*, prises sous la glace, ont dégagé, en quarante-cinq heures, 3 centimètres cubes de gaz presque exclusivement composé d'oxygène.

Cinquième expérience. On a introduit dans l'appareil deux feuilles de *Bambusa arundinacea*, en les réunissant par leur faces inférieures; en quarante-huit heures, elles ont donné $3^{cc},6$ d'oxygène presque pur.

J'ai fait quelques expériences dans de simples tubes à essais, remplis d'eau et retournés sur le mercure.

Sixième expérience. Le *Selaginella denticulata*, introduit dans un de ces tubes plein d'eau et exposé à la lumière du gaz, n'a donné, en quarante et une heures et demie, qu'une petite bulle de gaz.

Septième expérience. Dans les mêmes conditions, sauf qu'on avait introduit dans le tube environ 10 centimètres cubes d'acide carbonique, la même quantité de cette plante a donné $1^{cc},8$ d'oxygène en quarante et une heures et demie.

Huitième expérience. Dans cette seule expérience, le *Selaginella*, au lieu de plonger dans l'eau, se trouvait dans un mélange gazeux de 80 centimètres cubes d'air et de 10 centimètres cubes d'acide carbonique. L'essai a duré quarante-huit

heures. 30 centimètres cubes de gaz ont été soumis à l'analyse par l'appareil Doyère. Au contact de la potasse, le volume s'est réduit à 29 centimètres cubes ; or, si l'acide carbonique n'avait pas été décomposé, il aurait dû s'en trouver 3^{cc},5 dans 30 centimètres cubes de gaz. D'après ces données, on devait s'attendre à trouver ensuite 7^{cc},8 d'oxygène, dont 5^{cc},3 provenant des 26^{cc},5 d'air contenus dans l'échantillon et 2^{cc},5 de la décomposition de l'acide carbonique. L'observation a donné 8,5 d'oxygène. Je ne voudrais pas tirer une conclusion physiologique de ce désaccord, qui pourrait résulter également de l'inexactitude des lectures. Dans tous les cas, il est certain qu'il s'est dégagé de l'oxygène.

Enfin j'ai réussi à démontrer le dégagement immédiat de l'oxygène par des feuilles de Bambou, en les exposant à la lumière du gaz dans un mélange d'hydrogène et d'acide carbonique. Le gaz était contenu dans un eudiomètre renversé sur le mercure, et à côté des feuilles était fixé un bâton de phosphore (procédé de M. Boussingault). L'eudiomètre s'est immédiatement rempli de fumées blanches, provenant de l'air attaché à la feuille. Ces vapeurs étant dissipées à l'obscurité, l'appareil a été exposé à la lumière du gaz, et aussitôt les fumées blanches ont réapparu.

Ces expériences suffisent, selon moi, pour réfuter complètement les doutes de M. Bochm sur la nature autochthone de l'amidon apparu dans la chlorophylle du *Spirogyra* à la lumière artificielle. Le dégagement d'oxygène, que lui et ses devanciers ont nié, existe en réalité, non seulement pour le *Spirogyra*, mais aussi pour les plantes plus élevées en organisation (1).

(1) Dans le troisième fascicule (octobre) des *Annales agronomiques*, t. V, 1879, et *Annales des Sciences naturelles*, 6e série, t. IX, MM. Dehérain et Maquenne ont publié les résultats de leurs expériences sur le même sujet. Toutes leurs expériences, faites dans un mélange gazeux, sont semblables à l'expérience n° 8 de M. Famintzin, publiée à la date du 15/27 janvier 1880.

(RÉD.)

DE
L'INFLUENCE DE L'INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE
SUR LA DÉCOMPOSITION DE L'ACIDE CARBONIQUE PAR LES PLANTES

Par M. A. FAMINTZIN (1).

On a peu étudié, jusqu'à ce jour, l'influence de l'intensité de la lumière sur la décomposition de l'acide carbonique ; les seules recherches que je connaisse à ce sujet, sont celles de M. Wolkoff et ensuite de Prianischnikoff. M. Wolkoff admet qu'en dedans de certaines limites, la quantité d'oxygène dégagé est proportionnelle à l'intensité de la lumière (2).

En discutant cette question dans son *Traité*, M. Sachs ajoute : « Il existe probablement une intensité lumineuse élevée, à laquelle correspond un maximum d'émission d'oxygène, au delà de laquelle cette fonction diminue, et cette baisse de l'activité peut être accompagnée d'une lésion de la plante. Cependant, nous ignorons si la lumière solaire arrive à ce degré d'intensité à la surface de la terre. Quant à l'intensité lumineuse minima qui provoque encore un dégagement de gaz, nous ne possédons que ce seul fait indiqué par M. Boussingault, qu'une feuille de Laurier-rose cesse de dégager de l'oxygène aussitôt que le soleil couchant a disparu au-dessous de l'horizon.

Pas plus que ses devanciers, Prianischnikoff n'a complètement résolu la question d'un optimum d'éclairage. Cependant il a déjà constaté qu'une feuille recouverte d'un simple papier décompose un peu moins d'acide carbonique que lorsqu'elle est directement exposée aux rayons solaires. Ce savant déduit

(1) *Die Wirkung der Intensität des Lichtes auf die Kohlensäurezersetzung durch Pflanzen*. *Mélanges biologiques*, Saint-Pétersbourg, 1830, t. X.
(2) Pringsheim, *Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. V, p. 1.

de toute la série de ses expériences que la décomposition augmente avec l'intensité lumineuse ; mais il pense que, même s'il n'existe pas une intensité optima, il doit y avoir un degré d'éclairage au delà duquel la décomposition de l'acide carbonique n'augmente plus.

Les chiffres suivants, que j'emprunte au manuscrit du jeune physiologiste Prianischnikoff, enlevé trop tôt à la science, semblent plaider en faveur de cette manière de voir. L'appareil très simple consiste en deux eudiomètres remplis d'un même mélange d'air et d'acide carbonique, contenant chacun un fragment d'environ 50 centimètres carrés d'une feuille de *Typha latifolia*. L'une de ces éprouvettes était exposée directement au soleil, tandis que l'autre était roulée dans une feuille de papier. Voici, pour cinq de ses expériences, les quantités d'acide carbonique décomposé.

	1	2	3	4	5
Eudiomètre A exposé aux rayons directs	11,15	11,34	11,04	10,25	12,53
Eudiomètre protégé par une feuille de papier	8,41	8,09	9,99	9,03	12,94

On voit que les différences sont très faibles dans les trois dernières expériences ; dans la cinquième il y a même déjà un léger excès d'acide carbonique décomposé, dans l'éprouvette recouverte d'une feuille de papier.

Je vais essayer de prouver qu'il existe bien réellement une intensité lumineuse optima. Mes expériences se partagent en deux séries ; dans la première, j'ai obtenu à la lumière solaire affaiblie une décomposition égale ou même parfois supérieure à celle qui a été observée à la lumière directe ; dans la seconde, j'ai opéré à la lumière d'un bec de gaz équivalent à 50 bougies, et j'y ai constaté une décomposition d'acide carbonique très considérable par différentes espèces de plantes.

CHAPITRE I

Les expériences au soleil ont été faites, les unes dans un mélange d'air et d'acide carbonique, les autres dans l'eau chargée d'acide carbonique. Pour la première catégorie, je me suis servi exclusivement des divisions de la feuille du *Chamædorea elatior* qui se recommandent par leur faible épaisseur et leur petit volume. Ces feuilles ont été coupées en morceaux de 19 à 25 centimètres carrés; mais dans chacune des expériences doubles on a naturellement employé deux fragments de mêmes dimensions. La feuille était enfermée dans un tube divisé en centimètres cubes, rempli d'un mélange de 30 centimètres cubes d'air et de 5 centimètres cubes d'acide carbonique. Le volume du mélange, saturé de vapeur d'eau, était mesuré dans l'appareil de Doyère, en évitant les corrections de pression et de température, à l'aide du régulateur. Après l'exposition au soleil, le gaz était recueilli dans une pipette de Doyère contenant une forte lessive de potasse, agité pendant 3 à 5 minutes et de nouveau mesuré. L'excès du volume du gaz restant sur le volume d'air primitivement mesuré, donne la quantité d'oxygène dégagé.

Deux de ces éprouvettes étaient exposées côte à côte au soleil, l'une à nu, l'autre enveloppée d'une, de deux ou de quatre feuilles de papier de papyrus. On faisait la plus grande attention à la position identique des deux feuilles par rapport à la direction des rayons lumineux. Pour éviter un trop grand échauffement et pour maintenir les deux éprouvettes à la même température, la lumière devait traverser d'abord une auge à glaces parallèles, pleine d'eau, ou bien chacun des tubes était plongé dans un manchon plein d'eau à température égale. Dans ce dernier cas, ce n'est pas le tube mais le manchon qui était enveloppé de papier.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

CHAMÆDOREA ELATIOR.

DATE.	DURÉE en heures.	SURFACE de la feuille. c. carrés.	INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE.	VOLUME du mélange gazeux.	V. de CO^2 introduit.	V. de CO^2 décomposé.	OBSERV.
19 mai.	6	19	Soleil direct............	29,2	5,4	4,2	Ciel pur.
	Id.	Id.	Feuille abritée par 1 feuille de papier............	29,5	4,6	4,9	
20 mai.	2,45′	23,5	Soleil direct............	28,9	4,1	3,7	Ciel pur.
	Id.	Id.	F. abritée par 1 f. de pap.	29,7	4,5	3,9	
21 mai.	2,20′	22,0	Soleil direct............	28,2	4,8	4,0	
	Id.	Id.	F. abritée par 2 f. de pap.	28,4	4,4	4,0	
22 mai.	1	25	Soleil direct............	30,0	4,6	2,0	
	Id.	Id.	F. abritée par 2 f. de pap.	29,9	5,1	2,1	
22 mai.	1,10′	25	Soleil direct............	28,8	5,4	3,0	
	Id.	Id.	F. abritée par 4 f. de pap.	30,0	5,0	2,4	
24 mai.	1	19 3/4	Soleil direct............	29,4	5,1	2,5	
	Id.	Id.	F. abritée par 1 f. de pap.	29,8	4,8	2,0	
	Id.	Id.	» 2 »	30,4	4,2	1,7	
	Id.	Id.	» 4 »	29,8	5,0	0,8	

Pendant l'expérience du 24 mai, le soleil était fréquemment caché par des nuages et la lumière en était tellement affaiblie que l'ombre du bord de la fenêtre en était à peine visible; surtout pendant le dernier quart d'heure (4e exp.) il se montra un gros nuage bientôt suivi d'une forte averse.

DATE.	DURÉE en heures.	SURFACE de la feuille. c. carrés.	INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE.	VOLUME du mélange gazeux.	V. de CO^2 introduit.	V. de CO^2 décomposé.	OBSERV.
30 mai.	1	21,5	Soleil direct............	29,2	5,2	2,0	
	Id.	Id.	F. abritée par 2 f. de pap.	29,8	5,0	1,8	
	Id.	Id.	» 4 »	29,8	5,5	1,4	
30 mai.	1,20′	?	Soleil direct............	29,8	5,0	2,4	Ciel pur.
	Id.	?	F. abritée par 1 f. de pap.	29,4	5,4	2,8	
	Id.	?	» 2 »	29,6	5,4	2,2	
2 juin..	1	20	Soleil direct............	29,0	6,2	1,4	Ciel pur.
	Id.	Id.	F. abritée par 1 f. de pap.	28,6	4,8	1,4	

On voit que dans toutes les expériences, sauf celles du 24 mai, pendant lequel le ciel était sans cesse obscurci par des nuages, la feuille abritée a dégagé au moins une quantité égale d'oxygène à celle des feuilles exposées directement aux radiations solaires ; le 2 juin on obtint les mêmes quantités ; les 19, 20 et 30 mai, au contraire, on trouva plus d'oxygène dans les tubes recouverts de papier. Même les feuilles recouvertes d'un double écran de papier ont décomposé, les 21,

22 et 30 mai, à peu près les mêmes quantités d'acide carbonique que les feuilles nues. Un écran composé de quatre feuilles de papier a régulièrement diminué le dégagement d'oxygène.

Les faibles différences de température qui ont pu se produire n'ont certainement pas eu d'influence sur l'énergie de la décomposition. Ce résultat est prouvé par les chiffres suivants tirés du manuscrit de Prianischnikoff, que nous publions avec d'autant plus de plaisir que ces expériences n'ont été consignées qu'en langue russe et seraient par conséquent restées inconnues aux botanistes étrangers.

Prianischnikoff a montré, par une série d'expériences minutieuses, que des fragments de feuilles du *Typha latifolia*, placés dans des tubes remplis d'un même mélange d'air et d'acide carbonique, exposés au soleil mais maintenus à des températures différentes, entre 10 et 30 degrés, ont dégagé les mêmes quantités d'oxygène.

TYPHA LATIFOLIA.

DATE.	VOLUME de l'air.	VOLUME de l'acide carbonique	DURÉE.	TEMPÉRATURE.	VOLUME de l'acide carbonique décomposé.
29 juillet	60,56 59,45	11,02 10,73	2 h. 15′ Id.	29°c. 20,5	10,71 cc 10,66
27 juillet	62,58 61,16	19,72 20,15	4 h. 30′ Id.	39 20	10,59 19,84
30 juillet	61,47 61,47	8,86 9,51	2 h. Id.	12,5 23	8,36 8,98
5 août	70,18 70,58	10,97 10,84	1 h. 20′ Id.	9,5 17,5	11,12 11,38
2 août	68,47 68,71	11,89 11,01	1 h. 35′ Id.	13 24	11,62 10,22
2 août	68,71 67,80	11,65 11,60	1 h. 35′ Id.	23,5 11,75	11,73 10,34

Ce résultat inattendu peut être expliqué de deux manières différentes : 1° en admettant qu'entre 10 et 39 degrés la tem-

pérature n'a pas d'influence sur la décomposition de l'acide carbonique ; 2° en admettant, avec Prianischnikoff, que les chiffres d'acide carbonique décomposé ne sont les mêmes que parce que l'acide carbonique dégagé *en plus* à une température élevée, par suite de la respiration plus active, couvre à peu près la quantité d'acide carbonique décomposé *en plus* à la même température. Ce qui est certain, c'est que la faible différence de température qui pouvait exister dans mes tubes, ne pouvait porter aucun trouble dans mes résultats.

L'existence d'un optimum d'intensité lumineuse est encore confirmée par les citations suivantes, tirées de l'*Agronomie* de M. Boussingault (1):

« J'ai placé fréquemment des appareils au nord d'un grand bâtiment, et là, par un ciel sans nuages, le volume du gaz oxygène, provenant de l'acide carbonique décomposé, ne différait pas notablement de celui que l'on obtenait au soleil. »

Ailleurs (2) M. Boussingault donne une série de chiffres indiquant les quantités d'acide carbonique décomposé par 1 centimètre carré de feuille de Laurier-rose, en 1 heure, au soleil et à l'ombre. Les différences peuvent tenir à ce que ces expériences n'ont pas été faites le même jour, par conséquent dans des conditions d'éclairage différentes.

Laurier rose.

Soleil	0,062 cc.
Ombre	0,025
Soleil	0,056
Ombre	0,051
Ombre	0,055
Soleil	0,055
Soleil	0,057
Ombre	0,046

Les quantités obtenues avec des *Prunus Lauro-cerasus*,

(1) Boussingault, *Agronomie*, t. V, p. 12.
(2) *Loc. cit.*, t. IV, p. 397.

Æsculus Hippocastanum, *Rubus Idæus* *Populus alba*, *Persica vulgaris*, *Zea Mais*, offrent des différences plus ou moins considérables. Il faut dire que ces expériences, comme les précédentes, ont été faites à des jours différents avec des feuilles variables, car M. Boussingault poursuivait un tout autre but.

Je ne voudrais pourtant pas affirmer que cet optimum d'éclairage existe à la surface de la terre pour toutes les espèces; il est au contraire fort probable que, dans certaines plantes, la lumière arrivant au tissu chlorophyllien a été mitigée par un épiderme très développé ou par d'autres dispositions anatomiques, à un tel point que cet optimum n'est pas encore atteint à la lumière solaire la plus vive. Il existe certainement pour certaines plantes que j'ai étudiées, pour le *Nerium* (d'après les expériences de M. Boussingault) et peut-être pour toutes les plantes qui vivent à l'ombre. Des résultats analogues ont été obtenus avec des feuilles plongeant dans de l'eau chargée d'acide carbonique. La plupart de ces essais ont porté sur des fragments de feuilles du *Bambusa arundinacea*.

Le tableau ci-dessous montre qu'il s'est dégagé plus d'oxygène dans les tubes abrités par du papier, sauf dans la seule expérience du 2 juin, qui a donné des quantités égales.

BAMBUSA ARUNDINACEA.

DATE.	DURÉE de l'expérience.	SURFACE de la feuille. c. car.	INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE	ACIDE carbonique introduit.	OXYGÈNE émis.
	h.				cc.
16 mai.	5,30′	9,5	Soleil direct.............	5 cc. d'eau saturée d'acide carbonique, sur 17-20 cc. d'eau de la Néva.	0,9
	Id.	Id.	Abrité par 1 feuille de pap.		1,7
18 mai.	?	10	Soleil direct............	Id.	0,7
	?	Id.	Abrité par 1 f. de papier..		1,2
	?	10	Soleil direct............		0,9
	?	Id.	Abrité par 1 feuille de pap.		1,3
2 juin.	2 h.	17 3/4	Soleil direct.............	6 cc. d'eau saturée d'acide carbonique, sur 34-35 cc. d'eau de la Néva.	1,5
	Id.	Id.	Abrité par 1 feuille de pap.		1,5
2 juin.	2 h.	14,5	Soleil direct.............	Id.	1,3
	Id.	Id.	Abrité par 1 feuille de pap.		1,6

Le même résultat a été obtenu dans trois tubes remplis d'un mélange de 35 centimètres cubes d'eau de la Néva avec 6 centimètres cubes d'eau saturée d'acide carbonique.

Une expérience faite avec l'*Elodea canadensis* a duré deux heures. Les trois tubes reçurent trois rameaux égaux de cette plante. Celle qui était exposée aux rayons solaires directs, a dégagé $3^{cc},2$; celle qui été protégée par une feuille de papier a dégagé $3^{cc},7$; celle enfin qui était couverte de deux feuilles de papier, a donné $3^{cc},8$ d'oxygène.

Deux morceaux égaux de *Chamædorea graminifolia*, exposés l'un à la lumière directe, l'autre à la lumière mitigée par une feuille de papier, ont donné en 7 heures et demie, la première $1^{cc},5$, la seconde $1^{cc},6$ d'oxygène.

Deux essais qui ont eu pour objet de déterminer la même influence sur des feuilles de *Calamagrostis* plongeant dans l'eau chargée d'acide carbonique, ont conduit à une conclusion différente.

Il semble donc que, pour cette espèce, l'optimum d'éclairage n'a pas été obtenu dans les conditions où j'opérais et qui ont amené un résultat positif pour toutes les autres espèces.

Voici d'ailleurs les chiffres :

CALAMAGROSTIS.

DATE	DURÉE de l'expérience.	SURFACE de la feuille en c. car.	INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE.	OXYGÈNE émis.
	h			cc.
2 juin.	1,15'	28	Soleil direct....................	3,7
	Id.	Id.	Abrité par 1 feuille de papier......	3,3
2 juin.	1,15'	28	Soleil direct....................	3,9
	Id.	Id.	Abrité par 1 feuille de papier......	3,4

CHAPITRE II

L'existence d'un optimum d'intensité lumineuse s'accorde fort bien avec les résultats que j'ai obtenus à la lumière d'un bec de gaz équivalent à 50 bougies. Comme précédemment, j'ai opéré dans un mélange gazeux et dans l'eau chargée d'acide carbonique. Dans la première catégorie je me suis servi également de feuilles de *Chamædorea elatior*. Une auge à glaces parallèles, remplie d'eau constamment renouvelée, interposée entre la plante et la lumière, permettait de rapprocher l'appareil de la grande flamme jusqu'à 15 centimètres de distance (entre la feuille et le centre de la flamme).

CHAMÆDOREA ELATIOR.

DATE.	DURÉE de l'expérience	SURFACE de la feuille en cent. carrés	DISTANCE de la lampe.	VOLUME du mélange gazeux.	VOLUME de l'acide carbonique introduit.	VOLUME de l'acide carbonique décomposé.
			cm	cc	cc	cc
5 mai	8	16,5	15	25,1	4,8	2,9
	Id.	Id.	30	24,5	4,4	1,3
7 mai	13	13,3	15	28,8	5,0	4,9
	Id.	Id.	30	29,1	4,6	1,5
	13,30,	13,5	20	28,0	4,7	3,6
	Id.	Id.	40	28,1	5,6	1,2
8 mai	6	18	15	28,8	3,9	3,4
	Id.	Id.	30	29,6	4,6	1,2
	Id.	Id.	20	29,8	5,5	2,4
	Id.	Id.	40	29,9	5,3	0,7
13 mai	7	20,5	15	28,4	4,8	4,5
	Id.	Id.	30	29,2	4,6	1,4
	10	Id.	20	28,2	5,0	3,0
	Id.	Id.	40	29,8	4,8	0,8
13 mai	15	20	20	29,1	5,1	5,2
	Id.	Id.	40	28,9	4,8	1,5
	12	18	20	28,9	4,9	3,3
	Id.	Id.	40	29,4	5,4	0,8
19 mai	7	16,5	20	29,8	4,7	2,7
	Id.	Id.	30	28,6	6,0	1,6

Dans l'eau chargée d'acide carbonique, à la lumière de

cette lampe, j'ai également obtenu des quantités considérables d'oxygène.

BAMBUSA ARUNDINACEA.

DATE.	DURÉE de l'expérience.	SURFACE de la feuille en cent. carrés.	DISTANCE de la flamme.	QUANTITÉ d'acide carbonique.	VOLUME de l'oxygène émis.
			cm		cc.
18 avril.	8	?	25	5 cent. c. d'eau saturée d'acide carbonique, sur 20 cent. cubes d'eau de la Néva.	2,5
	Id.	?	45		0,8
	Id.	?	65		une petite bulle.
	Id.	?	85		Id.
21 avril.	4	12	15		1,6
	Id.	Id.	25		1,1
	Id.	Id.	35		0,7
	Id.	Id.	45		une quantité plus petite.
CHAMÆDOREA GRAMINIFOLIA.					
25 avril.	8	8	15	Id.	2,7
	Id.	Id.	25		1,8
	Id.	Id	35		1,0
	Id.	Id.	45		0,6

Afin de bien faire apprécier les quantités d'oxygène obtenue à la lumière artificielle, je fais suivre un tableau qui réunit les chiffres obtenus par M. Boussingault, M. Godlewski et par moi, au soleil et à la lumière artificielle. La comparaison avec les quantités que j'ai obtenues au soleil est d'autant plus intéressante, que les expériences ont porté sur la même plante. Les quantités d'oxygène sont calculées pour 1 centimètre carré de surface de feuille et par heure. Le chiffre de la surface n'exprime pas réellement la surface totale de la feuille, comme dans les recherches de M. Boussingault, mais seulement celle qui est opposée au soleil; pour les comparer avec ces dernières il faut donc les multiplier par deux. J'ai choisi ce mode d'évaluation parce que, dans les expériences au gaz, la face supérieure seule reçoit de la lumière, tandis que l'inférieure reste à l'obscurité.

Un centimètre carré de la feuille de *Chamædorea elatior* a dégagé, en une heure, les quantités d'oxygène suivantes :

A la lumière du gaz :

	Au soleil direct.
Expér. 1. (19 mai)	0,037 cent. c.
— 2. (20 mai)	0,057
— 3. (21 mai)	0,080
— 4. (22 mai)	0,080
— 5. (22 mai)	0,100
— 6. (24 mai)	0,125
— 7. (30 mai)	0,093
— 8. (2 juin)	0,070

	A la lumière du gaz.
Expér. 1. (5 mai)	0,022 cent. c.
— 2. (8 mai)	0,031
— 3. (13 mai)	0,031
— 4. (19 mai)	0,023

Au soleil, les quantités d'oxygène dégagé oscillent entre 0^{cc},037 et 0^{cc},125; à la lumière du gaz, entre 0,022 et 0^{cc},031.

Le minimum obtenu à la lumière artificielle est donc supérieur à la moitié du gaz émis au soleil, le maximum n'est guère que le quart. En moyenne l'oxygène dégagé au soleil est à celui que la plante émet à la lumière du gaz comme 90 est à 27, ou comme 3 est à 1. Ce résultat paraît encore plus surprenant quand on songe que l'intensité de la flamme, que j'évalue à 50 bougies, est encore notablement abaissée par l'interposition d'une couche d'eau.

Le tableau suivant compare les chiffres empruntés aux travaux de M. Boussingault et de M. Godlewski à ceux que j'ai obtenus pour le *Chamædorea elatior* exposé aux rayons directs du soleil. Ces derniers ont été divisés par 2 afin de les apporter à la même surface que ceux des autres observateurs.

En une heure, 1 centimètre carré de feuille a émis les quantités suivantes d'oxygène :

Chamædorea elatior (Famintzin)	0,018	à	0,062 cent. c.
Prunus Lauro-cerasus (Boussingault)	0,039		0,047
Nerium Oleander (Boussingault)	0,049		0,131
Populus alba (Boussingault)	0,022		
Zea Mais (Boussingault)	0,025		
Æsculus hippocastanum (Boussingault)	0,027		0,032
Platanus (Boussingault)	0,042		

Ilex (Boussingault)	0,018 cent. c.	
Glyceria spectabilis (Godlewski)	0,0516 à 0,1271 c. c.	
Typha latifolia (Godlewski)	0,0921	0,2962
Nerium Oleander (Godlewski)	0,0563	0,2056

Ces valeurs ne sont évidemment qu'approximatives; car la teneur en acide carbonique, de 30 à 41 pour cent dans les expériences de M. Boussingault, de 1,7 à 28,5 pour cent dans celles de Godlewski, de 20 pour 100 dans les miennes, exclut la possibilité d'une comparaison rigoureuse.

Cependant ce rapprochement n'est pas sans intérêt, en ce sens qu'il permet d'apprécier à sa juste valeur la décomposition de l'acide carbonique à la lumière artificielle, comparée à celle qu'on observe au soleil.

L'existence de l'optimum d'intensité lumineuse est, selon toute probabilité, intimement liée à la migration des grains de chlorophylle observée par M. Borodine sur plusieurs plantes. Lorsque celles-ci sont exposées au soleil, la chlorophylle se retire sur les parois moins éclairées de la cellule et ne présente plus aux rayons lumineux que la tranche du grain lenticulaire. Dans certaines plantes, le grain de chlorophylle change même de forme lorsqu'il est fortement insolé, ainsi que M. Stahl l'a montré récemment dans le *Botanische Zeitung* et que Micheli l'avait observé depuis longtemps.

Si l'on considère l'ensemble de tous ces phémonènes liés les uns aux autres, on conçoit aisément la possibilité d'une décomposition égale de l'acide carbonique à des degrés d'éclairage différents, mais dépassant une certaine limite optima.

La connaissance de cet optimum est enfin de la plus haute importance lorsqu'on étudie l'influence de la couleur et de la réfrangibilité des rayons lumineux sur la décomposition de l'acide carbonique. En effet, cette question n'est pas résolue jusqu'à ce jour, puisque les uns considérent les rayons jaunes, les autres les rayons rouges comme les plus actifs; d'autres enfin, comme M. Prillieux et M. Baranetzki attribuent, la même action indistinctement à tous les rayons colorés.

M. Wolkoff a fait de ces divergences d'opinion une étude

critique très claire en montrant que toutes les recherches sont entachées d'un même défaut qui en rend les résultats incertains, c'est-à-dire l'absence totale d'une détermination de l'intensité lumineuse. Tous ces observateurs se sont contentés de déterminer la qualité de la lumière sans en soumettre l'intensité à une mesure rigoureuse. Cette nécessité de mesurer et de conserver constante l'intensité de la lumière qu'on emploie, découle encore très clairement de ce fait que je viens de décrire, que la quantité d'oxygène émis n'est pas proportionnelle à l'intensité de la lumière, mais qu'au delà d'un certain degré elle ne s'accroît plus et peut même diminuer dans certains cas. Il s'agit donc de posséder une source lumineuse constante et, pour cette raison, la lumière du gaz est préférable à la lumière solaire. De plus, le gaz présente cet autre avantage qu'il n'atteint pas l'optimum d'intensité et que, par conséquent, tout affaiblissement des rayons actifs doit être suivi d'une diminution de la quantité d'oxygène dégagé. L'inverse peut se produire au soleil : car il peut arriver que derrière un écran qui absorbe des rayons actifs, la plante décompose mieux l'acide carbonique qu'en plein soleil ou derrière un écran qui n'absorbe que des rayons inactifs. C'est ce dernier résultat qui m'a conduit à étudier la question que je viens de traiter, quoique je n'aie eu d'abord que l'intention de voir quels sont les rayons qui provoquent la décomposition de l'acide carbonique.

Voici enfin, en résumé, les résultats de ce travail :

1° Il existe pour toute une série de plantes un optimum d'intensité lumineuse favorable à la décomposition de l'acide carbonique. Si cet optimum est dépassé, la plante ne décompose pas plus d'acide carbonique qu'auparavant ; dans plusieurs cas l'énergie de cette fonction peut même s'abaisser.

2° Une flamme de gaz équivalente à 50 bougies est capable, lorsqu'on a soin d'absorber les rayons obscurs, de provoquer une décomposition d'acide carbonique tout à fait remarquable ; la quantité d'oxygène émis est à celle qu'on obtient au soleil

environ comme 3 est à 1. Ce résultat parle évidemment en faveur de l'existence d'un optimum d'intensité lumineuse.

3° L'existence d'un optimum est probablement étroitement liée aux changements de place et de forme des grains de chlorophylle.

4° Cet optimum est de la plus haute importance lorsqu'il s'agit d'étudier l'influence des rayons colorés sur la décomposition de l'acide carbonique, et explique en partie les diverses opinions contradictoires qu'on professe à ce sujet.

RECHERCHES

SUR LE

ROLE DE LA LUMIÈRE DANS LA GERMINATION

ÉTUDE HISTORIQUE, CRITIQUE ET PHYSIOLOGIQUE

Par le Dr A. PAUCHON.

Professeur suppléant à l'École de plein exercice de médecine et de pharmacie de Marseille.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES (1).

Quand on parcourt l'ensemble des travaux consacrés à l'étude de l'action de la lumière sur les végétaux, on est frappé de la direction uniforme que les auteurs ont donnée à leurs recherches. Les phénomènes de la vie, en effet, qu'on les envisage au point de vue général ou au point de vue plus limité de la physiologie végétale, sont de deux ordres : les uns constituent les phénomènes de *création* ou de *synthèse vitale;* les autres, ceux de *destruction vitale*, toujours réductibles en faits d'oxydation ou de fermentation. La lumière exerce très probablement son influence sur les fonctions diverses dont dépendent ces deux ordres de phénomènes, et cependant on a jusqu'à ce jour étudié d'une manière presque exclusive la seule influence de la lumière sur les phénomènes de synthèse accomplis par les végétaux à l'aide de leur appareil chlorophyllien et aux dépens de l'air atmosphérique.

Mais la nutrition des végétaux verts eux-mêmes ne se fait pas toujours par le fonctionnement de la matière verte. Sans parler des cas où la plante étiolée continue à vivre dans l'obscurité après avoir perdu son appareil de synthèse, il existe pour chaque végétal une période transitoire pendant laquelle il est dépourvu de chlorophylle et se nourrit aux dépens d'une réserve contenue dans la graine ; il existe même dans le règne végétal quelques plantes normalement dépourvues de matière

(1) Ces généralités sont exposées avec tout le développement qu'elles comportent dans le travail que j'ai présenté comme thèse à la Faculté des sciences de Paris.

verte, telles que les parasites phanérogames et les champignons, qui, pendant toute leur existence, puisent directement leurs éléments nutritifs déjà élaborés dans les matières organiques vivantes ou mortes sur lesquelles ils ont pris naissance. Le processus de synthèse créatrice est alors singulièrement abrégé et simplifié, tandis que les rapports de la plante parasite avec le milieu aérien se trouvent limités aux phénomènes de respiration générale et de destruction organique.

Quelle est l'action de la lumière et de ses éléments sur ces êtres à protoplasme incolore ? Nous ne savons presque rien de ce qui concerne ce problème. Il serait cependant très intéressant de déterminer l'influence exercée par le soleil sur la nutrition intime du protoplasme non chlorophyllien. Les nombreuses analogies physiologiques qui existent entre la vie de l'embryon pendant la germination et celles des végétaux parasites à protoplasme incolore m'ont poussé à rechercher minutieusement tous les faits relatifs à l'influence de la lumière solaire sur les champignons, et les résultats de cette enquête m'ont amené à conclure que, contrairement à l'opinion généralement admise, la lumière est plutôt favorable que nuisible au développement de ces parasites. Mais nous ignorons quelle action exerce la lumière sur les fonctions respiratoires de ces êtres.

Pendant la germination, l'échange gazeux effectué entre la graine et l'atmosphère se fait différemment de ce qu'il sera plus tard ; l'embryon végétal modifie l'air à la manière des champignons, des animaux et de l'œuf des oiseaux, y puise de l'oxygène et y rejette de l'acide carbonique. Mais le processus germinatif ne peut s'accomplir sans l'intervention des agents extérieurs. La graine nous paraît être en effet la réalisation la plus satisfaisante de la conception de la vie telle que l'a définie Claude Bernard ; elle nous montre d'une manière frappante la nécessité de l'intervention des deux facteurs, organisation et milieu pour produire la vie. Tant qu'elle est soustraite à l'action des agents extérieurs, la graine est à l'état de vie latente et d'indifférence chimique ; elle peut rester inerte pendant des

années, des siècles même, sans perdre la propriété de germer : car la vie y existe, toute prête à se manifester dès qu'on lui aura fourni les conditions physico-chimiques nécessaires. Ces circonstances sont les unes indispensables, les autres secondaires. Parmi ces dernières figure l'action de la lumière, qui a donné lieu aux opinions les plus contradictoires.

On peut dire d'une manière générale que les théories concernant l'action de la lumière sur la germination ne sont que les conséquences d'une mauvaise interprétation des données de l'agriculture. En effet, dans les conditions naturelles telles qu'elles ont été réalisées à la surface de la terre avant l'apparition de l'homme, telles qu'elles le sont encore aujourd'hui sur certains points inhabités du globe, il est certain que les graines tombent sur le sol et qu'elles y germent sous l'action plus ou moins directe des rayons solaires. Les pluies, les vents, les divers agents cosmiques et certaines modifications spéciales à certaines graines (Géraniacées) peuvent quelquefois faire pénétrer les semences dans le sol lui-même, mais rarement d'une manière complète. Cette condition naturelle a été altérée par la main de l'homme : celui-ci a pratiqué des semis ; il a enterré les graines, d'une part pour les protéger contre des causes multiples de destruction et de dissémination, d'autre part pour leur assurer des conditions favorables d'humidité. Et de ce fait qu'à l'état de culture, dans cette adaptation utilitaire réalisée par l'homme à son profit, les graines germent en dehors de l'action de la lumière, on a conclu que la lumière est nuisible à la germination. Telle semble être l'origine de la plupart des opinions que je vais successivement passer en revue, bien que les agriculteurs connaissent cependant un certain nombre de graines qui ne lèvent bien que si elles sont abandonnées librement sur le sol, par exemple le Lupin blanc.

Les premières expériences relatives à l'action de la lumière sur la germination sont dues à un jeune botaniste nommé Bernard-Christophe Miesse (1). On les trouve consignées dans un

(1) *Expériences sur l'influence de la lumière sur les plantes. Journal de physique* de Rozier, t. VI, numéro de décembre 1775, p. 445 et suiv.

travail très remarquable pour l'époque où il parut, et dont la conclusion est que « les semences lèvent dans l'obscurité comme en plein jour; que la lumière ne paraît donc pas influer sur cette partie de la végétation ».

On trouve d'ailleurs, dans ces premières recherches, les mêmes causes d'erreur qui ont entaché depuis lors les observations diverses entreprises par les physiologistes sur le même point. Il n'y a jamais dans les expériences simultanées faites à la lumière directe, à la lumière diffuse et à l'obscurité, identité de température, et il est permis de se demander si l'égalité pour les conditions d'humidité et d'aération y est toujours réalisée.

Dès 1772, J. Senebier (1) avait émis l'opinion que la lumière est nuisible à la germination, mais sans faire à l'appui de cette manière de voir aucune expérience. Quant à ses observations sur le rôle des différentes couleurs, elles n'ont aucun intérêt en ce qui concerne la germination proprement dite.

En 1784, Ingenhousz (2) affirma la novicité de la lumière pour la germination, à la suite d'expériences défectueuses que l'abbé Bertholon (3) répéta avec des résultats tout à fait opposés. J. Senebier (4) confirma quelques années plus tard les expériences d'Ingenhousz, mais il ne sut point se mettre à l'abri des causes d'erreur que nous avons déjà mentionnées.

Lefébure (5) répéta aussi les observations du physiologiste anglais en variant leur forme, mais sans y apporter plus de rigueur. Il a cependant le mérite d'avoir employé pour la première fois les verres colorés pour la détermination du rôle physiologique des divers éléments de la lumière solaire.

Th. de Saussure (6) n'a constaté aucune différence dans l'époque de la germination pour des lots de graines placés à la

(1) *Mém. physico-chimiques*, t. III, p. 321 et suiv., p. 55.
(2) *Expériences sur la végétation*, t. II, p. 23 et suiv.
(3) *Journ. de physique de Rozier*, 1879, p. 402.
(4) *Physiol. végét.*, 1800, t. III, p. 396.
(5) *Expériences sur la germination des plantes*, p. 127.
(6) *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 21-24.

lumière et à l'obscurité. Son expérience est peut-être la seule qui semble entourée des garanties nécessaires.

Les observations de Boitard (1) tendant à prouver que la lumière retarde la germination n'ont aucune valeur : car on y retrouve toutes les causes d'erreur déjà citées.

En 1832, Ch. Morren (2) étudia l'influence des rayons colorés sur la germination des plantes, et conclut que « de même que l'obscurité favorise les premières périodes de la germination, de même les couleurs du spectre, agissant isolément, ont aussi une influence spéciale qui seconde cette opération ; mais que, parmi ces couleurs, celles dont le pouvoir éclairant (à l'exception du vert) est le plus grand sont aussi celles qui favorisent le moins l'acte qui fait développer les organes rudimentaires de la graine ».

A l'occasion de ce travail, Ad. Brongniart (3) fit observer que les résultats annoncés par Ch. Morren « pouvaient dépendre non seulement de la différence du pouvoir éclairant des divers rayons du spectre, mais aussi de la quantité plus ou moins grande de lumière blanche que les verres colorés laissent passer ».

En 1837, Meyen (4) concluait, à la suite d'expériences répétées, qu'il n'y avait pas de différence sensible dans la durée germinative des graines placées à la lumière et à l'obscurité ; opinion analogue à celle de Th. de Saussure.

Les recherches de Zantedeschi (5), relatives à l'influence qu'exercent sur la germination les rayons solaires transmis à travers des verres colorés, sont, comme celles de Ch. Morren, entachées de la cause d'erreur inhérente à l'emploi des verres colorés non monochromatiques.

Dans un opuscule publié en 1854, Belhomme émet l'opinion que la lumière est aussi indispensable à la germination que la

(1) *Journ. Soc. d'agron. prat.*, 1829, p. 316.

(2) *Ann. sc. nat.*, 1832, t. XXVII, p. 201.

(3) *Ann. sc. nat.*, 1832, t. XXVII; note à la suite du travail de M. Ch. Morren.

(4) *Neues system der Pflanzen physiologie*, 1837.

(5) *C. R., Ac. sc.*. XVI, p. 747.

chaleur et l'aération. C'est là évidemment une grave erreur. Les expériences de cet observateur ne présentent d'ailleurs aucune garantie de précision.

A côté de ces auteurs, je mentionnerai encore Al. de Humboldt, Hunt, Keith, A. P. de Candolle, qui affirment la nocivité de la lumière pour la germination ; et Fleicher, Heiden, Nobbe, G. Ville, qui considèrent la lumière comme étant sans action sur ce phénomène physiologique.

Dans un de ses derniers ouvrages, M. Ch. Darwin (1) parle de « quelques espèces dont les graines ne lèvent pas bien quand elles sont exposées à la lumière, quoique les verres qui les contenaient fussent exposés sur une cheminée, d'un seul côté de la chambre et à quelque distance des deux fenêtres. » Il a constaté ce fait de la manière la plus nette avec les graines de *Papaver vagum* et de *Delphinium consolida*, moins nettement avec celles de l'*Adonis æstivalis* et de l'*Ononis minutissima*. Pour les semences de *Delphinium consolida*, son opinion ne me paraît point fondée, car j'ai vu leur germination s'effectuer presque aussi rapidement à la lumière qu'à l'obscurité.

M. Duchartre (2) regarde l'action de l'obscurité sur la germination comme une de ces influences secondaires « qui, bien qu'utiles en général ou dans des circonstances particulières, peuvent être supprimées sans que le phénomène cesse pour cela d'avoir lieu ». Opposant judicieusement aux expériences de Senebier et de ses partisans celles de Th. de Saussure et de Meyen, il pense qu' « il y a tout au moins beaucoup d'exagération dans les idées qui règnent à cet égard ».

Tout récemment, Faivre (3) a constaté que l'apparition du latex qu'il appelle primordial suit de près la formation des vaisseaux et s'y fait à un moment où la radicule n'a que quelques millimètres de longueur et où les cotylédons, encore enfermés dans les enveloppes séminales, ne reçoivent pas l'action de la lu-

(1) *Des effets de la fécondation croisée et directe*, trad. Heckel, 1877, p. 13.
(2) *Éléments de botanique*, 2e éd., 1877, p. 809.
(3) *C. R.*, 24 février 1879.

mière. Il a noté aussi que les graines placées dans la lumière jaune obtenue par une solution de bichromate de potasse ont développé leur chlorophylle et leur latex plus rapidement que dans la lumière bleue obtenue par l'oxyde de cuivre ammonical; que par conséquent la période de germination a été plus courte dans le premier cas que dans le second.

Enfin, dans presque tous les traités classiques récents, l'influence de la lumière sur la germination est considérée comme nuisible ou comme nulle, et ses effets sont rapportés à l'énergie calorifique qui est inhérente à la radiation solaire.

Il me resterait, pour compléter cet historique, à dire quelques mots de l'influence de la lumière et de l'obscurité sur la germination des Cryptogames. Mes expériences n'ayant porté que sur les Phanérogames, on comprendra sans peine que je néglige ce point secondaire.

Ce travail était déjà terminé quand parut à Iéna un ouvrage du professenr Detmer (1) consacré à la physiologie comparée de la germination. Malgré le soin que j'ai mis à le parcourir, je n'y ai découvert rien de nouveau, relativement au sujet qui m'occupe.

Tels sont les documents qui existent dans la science, relativement à la question si discutée qui fait le sujet de ce travail. Quelle impression ce résumé historique doit-il laisser dans notre esprit? Il ne saurait y avoir doute sur la conclusion qui s'en dégage. Le problème si souvent posé est encore intact, au moins pour ce qui concerne les Phanérogames. Les solutions diverses qui en ont été données ne reposent encore que sur des opinions contradictoires et des expériences défectueuses. Nous mettrons à profit les erreurs de nos devanciers, et peut-être serons-nous assez heureux pour apporter dans nos recherches un degré de précision et de rigueur expérimentale suffisant pour fournir à nos conclusions une base solide.

L'idéal, pour cet ordre de recherches, se trouverait réalisé dans une expérimentation conduite de façon à maintenir à

(1) *Vergleichende physiologie des Keimungsprocess der Samen*, 1880.

l'état de constantes toutes les actions concomitantes, en ne conservant qu'une seule variable, la lumière. C'est ce que je me suis efforcé de réaliser avec toute la rigueur possible, et c'est seulement après bien des tâtonnements que je crois être enfin parvenu à discerner toutes les causes d'erreur, de façon à pouvoir, sinon les écarter d'une manière absolue, du moins les atténuer toujours dans la plus large mesure, en pesant avec suffisamment de précision la part qui leur incombe dans certains résultats.

En ce qui concerne la couleur des graines, il me paraît évident *à priori* que leurs diverses couleurs chez les Phanérogames ne doivent pas être indifférentes à la physiologie de la germination. Les graines étant des bourgeons mobiles appelés à propager la plante, il semble naturel d'admettre que toutes les propriétés dont jouissent les semences, et leur couleur en particulier, doivent converger vers la meilleure appropriation à ce but. C'est ce que ces recherches me permettront de vérifier.

Avant de commencer l'exposé de mes études personnelles, je dois témoigner ma profonde gratitude à mes excellents maîtres de la Faculté des sciences, MM. Heckel et Dieulafait, qui ont constamment mis à ma disposition leurs savants conseils et tous les moyens d'étude que renferment leurs laboratoires.

CHAPITRE Ier

RÔLE DE LA LUMIÈRE DANS LA GERMINATION, ÉTUDIÉ D'APRÈS LE DÉVELOPPEMENT EXTÉRIEUR DE L'EMBRYON

Examen préalable des causes d'erreur inhérentes à la graine et au milieu.

J'adopterai, pour l'exposé de ces recherches, l'ordre que j'ai suivi dans les expériences elles-mêmes. Il était naturel d'employer d'abord la méthode la plus usitée parmi les botanistes, c'est-à-dire celle qui consiste à prendre pour *critérium* des observations la rupture plus ou moins hâtive du spermoderme et l'apparition de la radicule, quitte à recourir à un autre pro-

cédé, si les résultats ainsi obtenus ne paraissent points satisfaisants. Cette méthode était entourée de difficultés nombreuses, par suite des conditions multiples qui peuvent influer sur la germination. J'ai donc étudié d'abord, et à un point de vue tout à fait général, un certain nombre de circonstances qui sont considérées comme étant de nature à influencer d'une manière plus ou moins profonde la marche du processus germinatif. Ces causes d'erreur une fois connues, il m'était plus facile de les éviter ou tout au moins d'en limiter l'action, quand je n'avais pu les écarter d'une manière complète.

Parmi ces conditions, certaines ont été déjà signalées par les auteurs et sont par conséquent assez bien connues; mais il en est d'autres qui ont été révélées par des travaux récents et méritent, par conséquent, d'être discutées d'une manière spéciale. L'étude de ces diverses conditions est donc le préambule nécessaire des recherches expérimentales qui font le sujet de ce chapitre.

§ 1. — Causes d'erreur inhérentes aux graines.

Ces causes d'erreur se divisent naturellement en deux groupes : celles qui sont inhérentes à la graine elle-même, à son individualité, à ses propriétés innées ou héréditaires, et celles qui existent en dehors d'elle et sont sous la dépendance exclusive du milieu.

Ces causes sont très probablement plus nombreuses qu'on ne le pense généralement; mais elles ne me paraissent pas avoir été jusqu'à ce jour étudiées avec une attention suffisante. Si certaines d'entre elles ont été en effet constatées empiriquement par les botanistes et les agriculteurs, il en est d'autres qui ne peuvent être reconnues que par un examen minutieux.

Mais ces diverses circonstances ne doivent elles-mêmes être envisagées qu'après élimination de toutes les graines offrant des altérations physiques appréciables à première vue : c'est donc uniquement aux semences présentant les caractères généraux de maturité et de bonne qualité que s'applique l'étude que nous allons entreprendre.

Il est à peine besoin de rappeler que ces caractères généraux résident dans la grande densité des graines et dans leur faculté germinative. Mais si un certain nombre de semences mûres et pourvues d'un embryon bien développé ont une densité supérieure à celle de l'eau, ce qui fournit un moyen facile de reconnaître leur maturité, il en est beaucoup d'autres dont la densité est très inférieure à celle de ce liquide, particulièrement dans les espèces à graines très petites ou pourvues de certaines différenciations du spermoderme, ainsi que j'ai eu fréquemment l'occasion de le constater dans le cours de ces recherches. Certaines d'entre elles ont même parfois dans le périsperme un véritable appareil de flottaison, par exemple le *Pancratium maritimum* (1).

Quant à la faculté germinative, elle n'est que la conséquence de la maturité de la graine et de la bonne constitution de l'embryon. Elle peut même précéder la maturité, ainsi que le démontrent des observations nombreuses ; de telle sorte que, suivant l'expression de M. de Gasparin (2), il y a pour les graines une maturité germinative antérieure à la maturité organique.

Il résulte, d'autre part, des recherches de Cohn (3), que la durée minimum de la germination répond à un degré moyen de formation des graines, au delà et en deçà duquel elles germent plus lentement. L'âge des semences, et leur état hygrométrique, qui varie avec lui, exercent donc une influence marquée sur la rapidité de la germination : aussi des graines de même espèce, parfaitement constituées d'ailleurs, mais d'âge différent, ne doivent-elles jamais être employées dans des expériences où il est nécessaire d'obtenir la plus grande fixité possible dans les caractères inhérents à la graine. On doit, au contraire, et tout d'abord, choisir des semences de même âge, de même récolte, de même état hygrométrique.

Mais pour obtenir des résultats absolument comparables,

(1) Van Tieghem, *Observ. sur la légèreté spécifique de quelques légumineuses* (*Ann. sc. nat.*, 6ᵉ série, I, p. 383).

(2) Cité par Duchartre, *Éléments de botanique*, 2ᵉ éd., p. 799.

(3) Cohn, F. *Symbola ad seminis physiologiam*. Diss. in. In-8. Berlin, 1844.

ces conditions ne suffisent pas, et la preuve nous en est fournie par les observations faites à diverses reprises sur les Graminées et les Légumineuses. Ces observations ont été, à la Société d'agriculture, l'objet d'une discussion intéressante dont nous croyons utile de rappeler les points principaux, d'après une analyse qu'en a donnée M. A. de Candolle (1).

M. Lagrèze-Fossat a reconnu que dans la folle avoine (*Avena fatua* L.) les deux graines juxtaposées dans les mêmes enveloppes ne lèvent pas ensemble, mais l'une après l'autre et souvent à une année d'intervalle. Cette particularité, ainsi que le fit observer M. Vilmorin, avait déjà été mentionnée par Rozier (2), et lui-même l'a vérifiée aussi bien pour la folle avoine que pour *Vicia narbonensis* et pour un grand nombre d'espèces non cultivées. D'après les remarques de M. P. Humbert et de M. Vilmorin, cette difficulté de lever simultanément est telle pour le *Vicia* que la culture a dû en être abandonnée, et cependant on n'a pu constater aucune différence dans les graines qui levaient tardivement ou promptement. Bien que M. L. Vilmorin les ait placées à des profondeurs variées dans le sol, l'inégalité de la durée de la germination n'a point cessé de se produire.

M. Decaisne a fait aussi, au Jardin des Plantes, des observations analogues sur le *Gleditschia*. « Parmi les graines du même individu, dit-il, placées dans des conditions semblables, les unes germaient la première année, les autres successivement jusqu'à la cinquième. »

Au cours de la discussion, M. Fabre appela l'attention sur la disposition des enveloppes des semences de folle avoine. « Les enveloppes des graines d'*Avena fatua*, dit-il, sont poilues et pressent fortement la graine, ce qui explique jusqu'à un certain point la difficulté de germer. » La pression différente exercée sur les deux graines, par les glumes qui les entourent,

(1) *Bibl. univ. de Genève*, t. XXX, p. 80 ; 1855.

(2) *Dict. d'agriculture*, art. Espèce, vers la fin. Rozier avait expérimenté que des deux graines renfermées dans les glumes de l'*Avena fatua*, l'une germe la première année et l'autre la seconde.

doit forcément influer sur la pénétration de l'humidité, et faire varier d'une manière directe le degré de perméabilité de ces graines pour l'eau qui les baigne.

La conséquence que l'on doit tout d'abord tirer de ces faits au point de vue expérimental, c'est que, pour les recherches relatives à la physiologie de la germination, il est nécessaire, sinon d'écarter complètement, au moins de n'employer qu'avec une extrême prudence les graines de Graminées connues d'une manière générale pour leur germination irrégulière, et d'éliminer particulièrement celles d'entre elles chez lesquelles l'adhérence des glumes et des glumelles autour de la graine persiste après la maturité de celle-ci.

« Quant aux graines de Légumineuses, qu'on sème parfaitement nues, la cause de l'inégalité sera, dit à ce sujet M. A. de Candolle, plus difficile à découvrir. A-t-on constaté si les graines d'une partie du légume ne germeraient pas plus facilement que les autres, ayant peut-être une maturité différente? A-t-on semé séparément les graines les plus pesantes et les plus légères, les plus grandes et les plus petites, recueillies sur chaque plante? Avant de supposer une vitalité différente, qui ressentirait différemment l'influence des agents extérieurs, il serait à propos de chercher toutes ces causes matérielles qui déterminent peut-être les variations observées. » On ne peut que reconnaître la justesse de ces réflexions : aussi les utiliserons-nous en temps et lieu, en nous efforçant de jeter quelque lumière sur la question qu'elles soulèvent.

En ce qui concerne la perméabilité des graines des Légumineuses pour l'eau, je dois dire qu'elle est très différente suivant les espèces. S'il existe, en effet, des graines, telles que celles de *Gleditschia triacanthos*, d'*Erythrina crista-galli*, etc., où l'imbibition se produit d'une manière très inégale, ainsi que j'ai eu souvent occasion de le noter, il en est d'autres, au contraire, où la pénétration de l'eau se fait d'une façon régulière et sensiblement identique pour la presque totalité des semences. Si l'on place, par exemple, une quarantaine de graines choisies

de *Dolichos lablab* dans un flacon à demi rempli d'eau et communiquant librement avec l'atmosphère, on voit le gonflement des graines s'effectuer dans un laps de temps assez court (24 heures environ), par une température moyenne de 15°, et bientôt la radicule apparaît. L'uniformité des phénomènes de germination est, dans un cas, assez complète pour permettre d'utiliser les semences de cette Légumineuse pour les recherches physiologiques. On peut ainsi choisir, d'une manière rigoureuse, les graines les mieux douées au point de vue de la faculté germinative, puisque ce sont justement celles dont le gonflement se fait le plus rapidement.

Mais si l'on peut expliquer l'irrégularité de la germination de certaines Graminées par la compression qu'exercent sur la semence des enveloppes multiples, à quelle cause faut-il attribuer cette irrégularité chez les Légumineuses, où les graines sont complètement nues? C'est ce qu'ont recherché récemment E. Nobbe et M. Hœnlein (1). Procédant à l'examen anatomique des enveloppes de la graine, ils ont reconnu que le siège de la résistance à la pénétration de l'eau réside dans la couche cellulaire extérieure et surtout dans la cuticule; ils ont supposé que des circonstances encore indéterminées pouvaient agir sur certaines graines pendant la période de maturation, pour leur donner une force anormale de résistance contre les agents qui favorisent la germination. Il faut avouer que ce n'est là qu'une hypothèse.

Les causes signalées par M. A. de Candolle (2) méritent un sérieux examen. La maturité différente des graines d'un même fruit de Légumineuse doit vraisemblablement exercer une influence sur la durée de la germination. Mais si l'on choisit des graines d'un même fruit et de poids identique, cette cause d'erreur sera forcément atténuée dans la plus large mesure. Quant à la question du volume et du poids des semences dans

(1) *Résistance des graines à la germination.* Mémoire analysé par Marc-Micheli (*Bibl. univ. de Genève*, 1878, p. 135).

(2) *Bibl. univ. de Genève*, t. XXX, 1855, p. 80.

leurs rapports avec la germination, elle sera étudiée ultérieurement avec les développements qu'elle comporte.

Toutefois, en dehors de ces circonstances, il en est encore d'autres auxquelles on a attribué une influence sur la durée de la germination. Je m'occuperai d'abord de l'origine autofécondée ou croisée des graines en expérience.

Ch. Darwin (1) a noté dans vingt et un cas la durée de la période germinative des semences croisées et des semences autofécondées, et avoue lui-même que « les résultats de ces observations sont très embarrassants ». En faisant abstraction d'un cas où la germination des deux lots fut simultanée, on en trouve dix où la moitié des graines autofécondées leva avant les croisées, et dans les autres une moitié des croisées germa avant les autofécondées.

Malgré leur petit nombre, ces faits permettent de penser que, dans l'état actuel de la question, l'influence directe de l'autofécondation ou de la fécondation croisée sur la durée de la germination des graines obtenues par l'un ou l'autre mode est encore à démontrer. Il faut cependant reconnaître que cette double origine se traduit par des variations dans le poids et le volume des semences, et qu'elle retentit peut-être ainsi d'une manière indirecte, sinon sur la rapidité de leur phase germinative, au moins sur la vitalité des plantes auxquelles ces graines donnent naissance.

Les recherches de Ch. Darwin (2) montrent, en effet, que dans dix cas sur seize qu'il a observés, « les semences autofécondées furent ou supérieures ou égales en poids aux croisées; néanmoins, dans six cas sur dix, les plants obtenus de semence autofécondées furent inférieurs, et en hauteur et à d'autres points de vue, à ceux issus des graines croisées. La supériorité en poids des semences autofécondées, dans six cas au moins sur dix, peut être en partie attribuée à ce que les capsules autofécondées contenaient un nombre de grains

(1) *Des effets de la fécondation croisée*, etc., trad Heckel, p. 359.
(2) *Op. cit.*, p. 358 et suiv.

moindre; car lorsqu'une capsule renferme seulement quelques semences, celles-ci ont tendance à être mieux nourries et plus pesantes que lorsqu'elle en renferme beaucoup. Il faut cependant remarquer que, pour plusieurs des cas ci-dessus, dans lesquels les semences croisées furent les plus lourdes, les capsules croisées renfermaient un plus grand nombre de graines ». Ces faits semblent prouver, ainsi que le fait remarquer Darwin, la supériorité que doivent avoir, comme vigueur constitutionnelle, les semis croisés : « car on ne peut mettre en doute que de belles graines, bien pesantes, n'aient tendance à engendrer de belles plantes ».

Malheureusement, le naturaliste anglais ne nous renseigne pas sur l'apparition plus ou moins rapide de la radicule dans ces différents cas, bien qu'il pense que « la légèreté relative des semences autofécondées détermine apparemment leur germination hâtive, probablement en raison de ce que les plus petites masses sont favorables au plus rapide achèvement des changements chimiques et morphologiques nécessaires à l'acte germinatif (1) ». Il dit cependant avoir reçu de M. Galton des semences de *Lathyrus odoratus* toutes autofécondées, qu'il divisa et fit germer en deux lots, les plus lourdes et les plus légères; « et plusieurs des premières eurent la priorité comme germination ».

D'autre part, M. Wilson, ayant fait germer séparément les plus grandes et les plus petites graines du *Brassica campestris rutabaga* (le rapport entre le poids de ces deux lots étant de 100 à 59), observa que les semis « des plus grandes semences prirent du poids et maintinrent leur supériorité jusqu'à la fin (2) ». Mais il n'est pas fait mention, dans ce travail, de la durée de la germination.

Darwin rappelle encore dans une note que Loiseleur-Deslongchamp (3) « fut conduit par ses observations à cette extraordinaire conclusion, que les plus petits grains des céréales

(1) *Op. cit.*, p. 360.
(2) *Gardener's Chronicle*, 1867, p. 107. Cité par Darwin, *op. cit.*, p. 358.
(3) *Les céréales*, 1842, p. 208-219. Cité par Darwin, *op. cit.*, p. 359.

produisent d'aussi belles plantes que les grosses semences. Cette conclusion, ajoute M. Darwin, est cependant combattue par les grands succès du major Hallet, qui améliora le froment en choisissant les plus belles graines ».

D'autres circonstances sont encore de nature à influer sur le volume et le poids des graines de même espèce. C'est ainsi que des recherches déjà anciennes, et récemment confirmées par les observations de MM. Bonnier et Flahault, nous ont appris que les semences d'une même espèce sont plus volumineuses et plus riches en huiles essentielles dans les pays du Nord que dans les pays rapprochés de l'équateur, et que ces graines du Nord, transportées vers le Sud, y donnent leur récolte beaucoup plus tôt que leurs congénères indigènes: il est donc permis de supposer que, dans ce cas, la germination elle-même doit participer à cette rapidité de développement. Mais, si ce fait est exact, n'est-il pas la conséquence de la différence de volume déjà constatée dans ces graines de provenance diverse? C'est l'idée qui s'offre naturellement à l'esprit, et cependant nous verrons bientôt qu'elle est loin d'être démontrée. Je ne signale que pour mémoire cette cause d'erreur, dont l'existence n'est rien moins que certaine, et qu'il est toujours très facile d'éliminer dans les expériences.

Il existe aussi parfois une différence de volume entre les graines contenues dans les fruits, suivant le siège de ces derniers aux rameaux inférieurs ou au sommet de l'arbre. On a pensé que l'ascension de la sève, et le développement du fruit qui en est la conséquence, devaient se faire avec d'autant plus de facilité que la distance à parcourir était moindre. La seule connaissance de cette particularité permet d'écarter l'erreur dont elle pourrait être le point de départ.

La question se trouve donc ramenée pour nous à la solution du problème suivant, déjà agité par les auteurs et résolu en faveur des semences de moindre volume : De deux graines de volume et de poids différents, appartenant à des espèces différentes, quelle est celle qui germera la première? La plus volumineuse ou la plus petite? la plus lourde ou la plus légère?

A. P. de Candolle (1) pensait que « les grosses graines sont plus lentes à germer que les petites, parce qu'elles ont besoin de plus d'eau, et que leur surface absorbante ne croît pas à proportion de leur masse ».

W. Edwards et Colin avaient signalé cette influence, et admis « que la nature et la mesure des effets en rapport avec les différences de volume » sont principalement liées à une loi générale, d'après laquelle « les êtres organisés tendent à parcourir, selon leur volume, plus ou moins rapidement les diverses phases de leur existence ».

Si cette loi est vraie quand on l'applique à l'ensemble du développement des être vivants, on doit avouer cependant qu'elle souffre de nombreuses exceptions en ce qui a trait à l'influence du volume des graines sur la durée de la germination. Il m'a été facile, dans le cours de ces expériences, de recueillir un très grand nombre de faits qui me paraissent démontrer surabondamment la non-existence d'un rapport entre le volume des graines et la durée de leur développement germinatif. Je n'en citerai que quelques exemples. Les graines d'Arachides germent plus vite que celles du Maïs, du Melon, de l'*Helianthus annuus*, de l'*Hibiscus esculentus*, du *Spilanthes fusca*, etc.; les semences de ces espèces ont cependant toutes un volume moindre, quelques-unes même atteignent les dimensions les plus exiguës. Enfin les grains de café peuvent germer en quelques heures, bien plus rapidement que toutes les graines de volume supérieur ou inférieur que j'ai pu expérimenter. Il me paraît donc impossible d'accepter l'opinion émise par M. Ch. Darwin relativement au rapport inverse qui existerait, pour des graines d'espèces différences, entre le volume de ces graines et la durée de leur période germinative.

Il me semble même que la question ne peut être tranchée d'une manière absolue avec les données que nous possédons actuellement, à moins que l'on n'opère sur des semences ayant leur développement optimum à la même température.

(1) *Phys. végét.*, t. II, p. 651.

En dehors de cette coïncidence, peut-être assez rare et sur laquelle d'ailleurs nous ne possédons aucun document précis, toutes les expériences instituées dans le but de déterminer cette influence comparative du volume sur la germination de graines différentes présentent forcément une cause d'erreur importante, qui est intimement liée à l'existence d'une température favorable, différente pour la germination de chaque espèce de semence. Supposons, en effet, que l'on fasse germer simultanément, et dans des conditions identiques, des graines d'Arachides et des graines de Cresson alénois, les résultats ne seront jamais parfaitement comparables : car le degré favorable pour cette Crucifère se rencontre vers 17° C., d'après les expériences de M. Alph. de Candolle (1), tandis que ce même degré favorable pour les grains d'Arachides se trouve entre 30 et 35° C., d'après mes observations. Par conséquent, quelle que soit la température à laquelle aura lieu l'expérience, il en résultera forcément une accélération de la germination des graines d'une espèce, et un retard pour celles de l'autre espèce, suivant que cette température sera plus ou moins voisine du degré favorable à la germination des graines de l'une ou de l'autre espèce.

On pourrait peut-être éviter cette cause d'erreur en faisant germer les semences dans les meilleures conditions, c'est-à-dire à la température favorable à chacune d'elles, ce qui pourrait être assez facilement réalisé par l'emploi de l'étuve. En notant la durée du développement germinatif dans ces conditions, on parviendrait à résoudre le problème pour quelques espèces. Il ne faut pas oublier, en effet, que la détermination du point calorifique favorable à la germination n'a pas encore été faite pour le plus grand nombre des graines. La recherche de l'influence du volume des semences sur la durée de la germination pour des espèces différentes est donc complexe et entourée de difficultés nombreuses : aussi ne doit-on pas s'étonner qu'elle n'ait point encore été résolue expérimentalement d'une façon satisfaisante.

(1) *De la germination sous des degrés divers de température constante. Bibl. univ. de Genève*, t. XXIV, 1865, p. 243.

Au point de vue particulier de mes recherches, cette question n'a d'ailleurs qu'une importance secondaire ; mais elle me conduit naturellement à l'étude d'un cas particulier du problème général. Étant données deux graines de même espèce et de même récolte, placées dans des conditions identiques, mais de volume différent, quelle est celle qui germera la première? Nous ne rencontrons plus ici la cause d'erreur inhérente aux différences dans la température favorable. Ces expériences directes sont donc faciles à réaliser. Voici le détail et les résultats de celles que j'ai entreprises à ce sujet.

Les semences auxquelles je me suis d'abord adressé appartiennent à la famille des Légumineuses. Elles sont contenues dans des gousses en nombre variable, et diffèrent presque toujours par leur volume et par leur poids.

Les graines sur lesquelles ont porté mes premières expériences sont celles de l'*Arachis hypogæa*, qui m'étaient déjà connues pour leur rapide germination. Elles sont contenues dans une gousse, au nombre de deux le plus habituellement. J'ai choisi un certain nombre de ces gousses en bon état ; j'ai pesé séparément les deux semences contenues dans le fruit et les ai fait germer couple par couple dans les mêmes conditions de milieu. Le volume et le poids étant, dans cette expérience, les seules circonstances variables, il est évident que toute différence observée dans la durée de la germination devait forcément leur incomber.

Expérience 1. — Deux flotteurs en liége de forme circulaire, et contenant chacun huit couples de graines d'Arachides préalablement pesées, sont placés dans des conditions identiques de milieu.

La première graine lève le troisième jour, et les autres successivement les jours suivants jusqu'au neuvième jour.

Les résultats sont les suivants : pour 6 couples, les graines les plus pesantes ont germé les premières; pour 6 autres, les graines les moins lourdes ont eu la priorité ; dans 1 cas, il y a eu égalité absolue dans la germination ; enfin, 3 couples n'ont pu germer à cause de l'altération consécutive des graines.

Je dois ajouter que, dans tous les cas, la germination de la seconde graine faisant partie du même couple suivait de près celle de la première; cet intervalle n'était souvent que de quelques heures.

Expérience 2. — Répétée peu de temps après, dans les mêmes conditions et sur les mêmes graines, cette expérience a donné des résultats un peu différents : sur 20 couples, la germination a débuté 8 fois par les graines les plus volumineuses et 6 fois seulement par les graines de moindre dimension; dans 2 cas la marche de la germination a été à peu près identique pour les deux graines; enfin dans 4 cas les graines s'étant altérées n'ont pu germer. Je dois dire que ces graines d'Arachides étaient déjà un peu anciennes et provenaient d'un chargement arrivé depuis peu de la côte d'Afrique : il m'a semblé que certaines de ces graines perdaient parfois leur propriété germinative au bout d'un temps relativement assez court : car dans des expériences faites antérieurement, et où j'avais utilisé quelques graines de la même Légumineuse récoltées au Jardin botanique, aucune semence n'avait avorté.

Expérience 3. — A plusieurs reprises j'ai essayé de faire germer dans les mêmes conditions les graines provenant d'une même gousse de *Gleditschia triachanthos* récoltées au jardin de notre ville. Ces graines avaient été soigneusement pesées et rangées d'après leur poids et leur volume. Dans un cas où j'avais séparé la graine la plus volumineuse des autres semences contenues dans le même follicule, la germination a débuté par une graine du deuxième lot, c'est-à-dire par une des plus petites.

Dans les quatre tentatives que j'ai faites sur ces semences, la germination s'est produite très difficilement et avec une telle irrégularité qu'il m'a été absolument impossible d'en tirer aucune conséquence au point de vue de l'objet particulier de mes recherches. La confirmation des observations de M. Decaisne sur la germination de cette Légumineuse a été aussi complète que possible.

Expérience 4. — J'ai fait germer les graines contenues dans

deux gousses d'*Erythrina crista-galli :* deux graines se trouvaient dans chaque gousse. Pour un couple, la germination s'est produite d'abord dans la graine la plus légère ; pour l'autre couple, c'est au contraire la graine la plus lourde qui a eu la priorité.

Ces quelques expériences, faites avec des semences de Légumineuses, n'accusent en somme, dans la durée de la germination, aucune différence sensible en rapport avec le volume variable des graines d'une même espèce. L'irrégularité du processus germinatif dans cette famille étant un fait acquis, il y a cependant lieu de constater l'uniformité des résultats obtenus à deux reprises avec les graines d'*Arachis hypogœa.*

Les graines utilisées pour les expériences qui suivent provenaient du même pied dans la plupart des cas, mais non du même fruit; elles étaient classées en deux lots d'après leur volume, souvent appréciable à première vue, et leur poids, que je déterminais à l'aide d'une balance de précision.

Expérience 5. — J'ai placé dans un flotteur 24 graines de Maïs provenant du même épi, présentant une coloration jaune uniforme et divisées en deux lots, le premier composé de 12 graines les plus pesantes, le second des 12 autres plus légères. La température moyenne pendant la durée de l'expérience a été de 17° C.

A la fin du quatrième jour, une première germination se montrait dans le deuxième lot; les germinations ultérieures ont eu lieu dans l'ordre suivant : les deuxième et troisième dans le premier lot ; les quatrième et cinquième dans le deuxième ; les sixième, septième et huitième, dans le premier ; les neuvième, dixième, onzième et douzième dans le deuxième ; la treizième dans le premier ; la quatorzième dans le deuxième ; la quinzième dans le premier ; les seizième et dix-septième dans le deuxième ; la dix-huitième dans le premier ; les dix-neuvième et vingtième dans le deuxième ; enfin les vingt et unième, vingt-deuxième, vingt-troisième et vingt-quatrième, dans le premier.

Je dois ajouter que toutes ces germinations se sont produites

dans l'espace de trois jours. L'ordre dans lequel elles avaient lieu était facile à suivre pendant le jour; pour celles qui se produisaient pendant la nuit, je déterminais leur rang chaque matin en me basant sur la longueur de la radicule.

L'analyse de cette expérience permet de constater que tous les grains du deuxième lot avaient germé alors que quatre grains du premier lot n'avaient encore aucune apparence de radicule. Les 10 grains qui ont germé les premiers appartenaient par moitié à chacun des lots, et dans le nombre des cinq premiers grains germés, 3 appartenaient au deuxième lot. Bien que la différence entre la germination des graines les plus lourdes et des graines les plus légères soit dans ce cas très minime, et qu'il faille d'autre part tenir compte de l'irrégularité habituelle du processus germinatif chez les Graminées, il paraît cependant y avoir eu une très faible priorité à l'avantage des graines les plus légères.

Expérience 6. — En même temps que la précédente expérience, j'en disposai une autre avec 10 graines de *Lepidium sativum*, dont 5 plus pesantes et 5 plus légères. Température moyenne, 17° C.

Au bout de 42 heures, une première germination avait lieu dans le second groupe, une deuxième dans le premier, les troisième et quatrième dans le second, les cinquième et sixième dans le premier, les septième et huitième dans le deuxième, la neuvième et la dixième dans le premier : toutes ces germinations s'étaient produites à de faibles intervalles et en 15 heures à partir de la première germination.

Malgré le petit nombre de graines employées, il ne résulte pas moins de cette expérience que la totalité des graines plus légères avait germé alors que 8 seulement des graines plus pesantes avaient poussé leur radicule, et que sur les quatre premières germinations, trois appartenaient au second lot; il y a donc eu précocité marquée en faveur des graines les plus légères.

Expérience 7. — 14 graines de *Raphanus sativus* issues du même pied, divisées en deux lots d'après leur poids,

ont germé dans l'ordre suivant, à la température moyenne de 16° C.

La première germination a eu lieu dans le premier lot (graines les plus lourdes) ; les deuxième, troisième, quatrième et cinquième dans le deuxième lot (graines les plus légères) ; les sixième, septième et huitième dans le premier ; la neuvième dans le deuxième ; les dixième et onzième dans le premier ; les douzième et treizième dans le deuxième ; la quatorzième dans le premier.

Bien que la première germination se soit produite parmi les semences les plus lourdes, cependant 4 sur les 5 premières graines germées appartenaient au deuxième lot, ce qui établirait encore un léger avantage pour les graines les moins pesantes.

Expérience 8. — 24 graines de *Sinapis alba* provenant du même pied et divisées, d'après leur poids, en deux lots de nombre égal, ont germé dans l'ordre suivant : les première et deuxième germinations ont eu lieu dans le premier lot (graines les plus pesantes) ; les troisième, quatrième et cinquième dans le deuxième lot (graines les plus légères) ; les sixième, septième dans le premier ; les huitième, neuvième et dixième dans le deuxième ; les onzième, douzième, treizième et quatorzième dans le premier ; les quinzième, seizième, dix-septième et dix-huitième dans le deuxième ; les vingtième et vingt-et-unième dans le premier ; les vingt-deuxième et vingt-troisième dans le deuxième ; la vingt-quatrième dans le premier. La température moyenne était de 16° C.

Les deux premières germinations se sont ici produites parmi les graines les plus lourdes, mais sur les 10 premières graines levées, 4 seulement appartenaient au premier lot et les 6 autres aux graines les moins pesantes. Mais, d'autre part, de la onzième à la vingtième germination, le premier lot a été favorisé, de telle sorte que le résultat de cette expérience me semble indécis.

Expérience 9. — Je place sur le même flotteur 34 fruits de *Carthamus tinctorius* provenant du même capitule et divi-

sées en deux lots d'égal nombre : premier lot, 17 graines plus lourdes; deuxième lot, 17 graines plus légères. Température moyenne, 17 degrés.

Le lendemain, je constate 14 germinations dans le deuxième lot et 10 germinations dans le premier.

Le troisième jour, il y a 2 nouvelles germinations dans le deuxième lot et 3 dans le premier.

Le quatrième, 2 germinations dans le premier lot et 4 dans le deuxième.

Cette expérience est évidemment favorable à l'idée de la plus prompte germination des graines de moindre poids.

Expérience 10. — 38 graines de *Sinapis alba*, provenant d'un échantillon commercial, sont placées sur un flotteur et divisées en deux lots comme précédemment. Température moyenne 16 degrés.

Trente-huit heures après, il y a 7 germinations dans le premier lot et 16 germinations dans le deuxième lot : les radicules y sont d'ailleurs plus longues.

Au bout de cinquante-deux heures, 6 nouvelles germinations dans le premier lot et 2 dans le deuxième lot.

Le quatrième jour, 1 germination dans le premier lot, 0 dans le deuxième lot.

Le cinquième jour, 1 germination dans le premier lot, 0 dans le deuxième lot.

Enfin, le sixième jour, dernier, 1 germination dans le deuxième lot.

Ici encore les graines les plus légères ont eu la priorité d'une manière assez nette.

Expérienee 11. — Le même jour et à la même heure, je disposai une autre expérience avec 50 graines de *Raphanus sativus* récoltées sur le même pied et séparées en deux lots d'après leur poids. Le quatrième jour après, 63 heures écoulées depuis le début de l'expérience, je constatai 11 germinations dans le premier lot et 12 dans le deuxième ; mais dans ce cas, comme dans le précédent, la longueur moyenne

des radicules était plus considérable pour les graines de moind e poids que pour les autres.

Le même jour, soir, 4 germinations dans le premier lot et 5 germinations dans le deuxième.

Le cinquième jour, 3 germinations dans le premier lot et 4 germinations dans le deuxième lot.

Le sixième jour, 2 germinations pour le premier lot, néant pour le deuxième lot.

Le septième jour, 1 germination pour le premier lot, néant pour le deuxième lot.

Il restait à ce moment 4 graines de chaque lot; elles ont été envahies par les moisissures et n'ont pas germé. La température moyenne fut de 16 degrés.

Dans cette expérience, la priorité de germination est évidente pour les graines du deuxième lot : 15 de ces dernières ont en effet levé alors que 11 seulement du premier lot avaient pu germer; de plus, la totalité des graines du second avaient levé le 24 alors que la germination des trois dernières graines du premier lot ne devait se faire que le 26.

Expérience 12. — 60 graines de *Sinapis alba* provenant du même échantillon commercial sont divisées en deux lots égaux choisis comme précédemment et placées dans un flotteur.

Le troisième jour, après 60 heures, il y a 5 germinations dans le premier lot (graines les plus pesantes) et aucune dans le deuxième lot (graines les plus légères).

Le quatrième jour, je compte 14 germinations dans le premier lot et 6 seulement dans le second.

Le cinquième jour, 5 graines ont levé dans la premier lot et 2 dans le deuxième.

Le sixième jour, 2 germinations dans le premier lot et 5 dans le deuxième.

Le septième jour, 4 germinations dans le deuxième lot.

Le huitième jour, 1 germination dans chaque lot.

Le neuvième jour, 2 germinations dans le second lot.

Le onzième jour, 1 germination dans le premier lot et 7 germinations dans le deuxième.

Les autres graines, 2 pour le premier lot et 3 pour le second, n'ont pas germé.

La température moyenne pendant la durée de cette expérience avait été de 8 degrés environ.

Cette expérience diffère complètement des précédentes par ses résultats. Les graines du premier lot ont eu en effet un avantage très marqué sur celles du second lot. C'est ainsi qu'au cinquième jour de l'expérience 24 graines avaient levé parmi les plus pesants et 8 seulement dans le deuxième. La priorité obtenue par les graines du premier lot est donc évidente dans cette expérience.

Expérience 13. — 70 graines de *Sinapis alba* provenant du même échantillon que dans l'expérience précédente sont divisées en deux lots et placées dans un même flotteur.

La température moyenne pendant toute la durée des germinations a varié entre 7 et 9°.

Le quatrième jour, 8 germinations se sont produites dans le premier lot (gaînes les plus pesantes), aucune dans le deuxième.

Le cinquième jour, il y a 14 germinations dans le premier lot et 8 dans le deuxième.

Le sixième jour, 7 germinations dans le premier lot et 7 dans le second.

Le septième jour, 3 germinations dans le premier lot et 9 dans le second.

Le huitième jour, 1 germination dans le premier lot et 11 dans le second.

Trois graines n'ont pas germé, 2 du premier lot et 1 du second; elles avaient été envahies par les moisissures.

Cette expérience donne un résultat tout à fait identique à la précédente. Ici encore l'avantage obtenu par les graines de plus grand volume se manifeste de la manière la plus évidente.

Expérience 14. — Deux lots, chacun de 40 graines de *Sinapis alba*, de même provenance et placés dans le même flotteur, la température variant de 17 à 19° C.

A la fin du deuxième jour, 2 germinations dans le premier lot (graines les plus lourdes).

Le troisième jour, 19 germinations dans le premier lot, 7 dans le deuxième.

Le quatrième jour, 8 germinations dans le premier lot, 4 dans le deuxième.

Le cinquième jour, 4 germinations dans le premier lot, 10 dans le deuxième.

Le sixième jour, 1 germination dans le premier lot, 9 dans le deuxième.

Les autres graines n'ont pas germé.

Le résultat de cette expérience est favorable à la priorité des graines de plus grand volume.

Expérience 15. — Deux lots, chacun de 40 graines de *Brassica napus*, sont disposés dans le même flotteur la, température variant de 18 à 22°.

Au bout de 30 heures....	8	germ. (1er lot).	6	(2e lot).
Le 2e jour..............	19	—	26	—
Le 3e jour..............	3	—	4	—
Le 4e jour..............	4	—	3	—
Le 5e jour..............	3	—	»	—

Les autres graines n'ont pas germé.

Le résultat de cette expérience est douteux ou peut être légèrement en faveur du deuxième lot.

Je mentionnerai enfin les observations que j'ai faites sur ce point, à l'occasion de recherches entreprises dans un autre but, observations portant sur les semences de *Ricinus communis* et de *Phaseolus vulgaris* et *multiflorus*. Pour le Ricin, j'ai noté d'une manière constante le développement plus rapide des graines de moindre volume. Il en a été de même dans la grande majorité des cas pour les différentes variétés de *Phaseolus*.

J'ai cru devoir limiter le nombre de mes expériences à celles qui précèdent; non que je considère le sujet comme épuisé, car c'est à peine si j'ai pu effleurer, dans cette étude, certains points encore obscurs relativement à la question si complexe de l'influence du volume des graines sur la marche plus ou moins

hâtive de leur germination, mais il me suffisait, pour atteindre le but que je m'étais proposé, de constater expérimentalement l'existence des variations que les différences de volume des graines apportent dans la durée de leur période germinative, quel que soit le sens de ces différences.

En résumant les résultats de ces expériences, nous voyons d'abord que les graines de quelques Légumineuses et d'une Graminée, le Maïs, ne fournissent aucun élément à la solution du problème précédemment posé. Au contraire, les fruits d'une Composée, le *Carthamus tinctorius*, montrent d'une manière assez nette que la germination s'est effectuée un peu plus vite dans le deuxième lot, formé des graines les plus légères et les moins volumineuses.

Quant aux Crucifères, elles ont été de ma part l'objet d'expériences multiples (nos 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15). Dans cinq cas l'expérimentation a porté sur les grains de *Sinapis alba*, dans deux cas sur celles de *Raphanus sativus*, enfin dans un autre cas sur le *Brassica napus*.

Les résultats des germinations de *Lepidium*, de *Raphanus*, de *Ricinus* et de *Phaseolus* sont favorables à l'idée d'un développement plus rapide chez les graines d'un moindre volume.

Quant aux germinations de *Sinapis alba* répétées quatre fois et sur un nombre assez considérable de graines, elles ont fourni des résultats contradictoires. Tandis que l'expérience 10 a suivi une marche analogue aux expériences effectuées sur le *Raphanus* et le *Lepidium*, c'est-à-dire favorable aux graines les plus petites, l'expérience 8 a donné un résultat indécis, et les expériences 12, 13 et 14 un résultat complètement opposé à celui des expériences précédentes, puisque les graines d'un plus grand volume y ont été avantagées d'une manière évidente.

Vivement frappé de cette contradiction après l'expérience 12, j'ai recherché quelle influence pouvait avoir ainsi modifié le résultat de l'expérimentation. La seule différence que j'ai pu constater entre les expériences 10 et 12 est relative à la température à laquelle elles ont eu lieu. Tandis que la première

expérience avait eté effectuée par une température moyenne de 15 à 16°, la seconde n'a reçu qu'une moyenne thermique de 8° environ. Afin de déterminer si la chaleur ambiante était pour quelque chose dans le résultat constaté, je répétais l'expérience dans des conditions analogues de température et j'obtins cette fois encore un résultat tout à fait identique à celui de la précédente expérience.

J'ai donc été amené à penser que la différence de température était la cause de la contradiction observée. Voici l'explication que l'on peut donner de ce fait singulier. Plus une graine est volumineuse et sa réserve nutritive considérable, plus son activité respiratoire augmente, et par conséquent sa puissance de résistance au froid. Or, pour des graines en germination, la limite entre le froid et le chaud est établie par le degré favorable. Au-dessous de ce point, et probablement d'une manière graduelle, l'embryon végétal s'engourdit de plus en plus, à moins que certaines particularités anatomiques ou physiologiques ne le protègent contre cette action des agents extérieurs. Il y a donc lieu de penser que, dans les graines volumineuses d'une surface proportionnellement moindre, l'embryon, muni d'une plus grande quantité d'aliments comparativement aux embryons conténus dans des semences de moindre volume, mieux protégé d'ailleurs contre les causes de déperdition thermique par l'épaisseur plus grande des tissus qui entourent l'axe lui-même, se trouve dans des conditions meilleures de lutte contre l'abaissement de la température extérieure. Cette théorie permettrait peut-être d'expliquer les résultats obtenus dans les expériences 10, 12 et 13. En effet, dans l'expérience 10, la chaleur ambiante s'élevait à 15° en moyenne, et était très rapprochée du degré favorable ; tandis que dans les expériences 12 et 13 la température était tombée à 8 ou 9° en moyenne.

Malheureusement, la contre-expérience (exp. 14) faite avec des graines de *Sinapis alba* de même provenance, à la température de 17 à 19°, a donné un résultat identique à celui de l'expérience 13, malgré la grande différence de condition ther-

mique dans les deux cas. L'explication fournie précédemment n'est donc pas applicable à tous les faits, et il est probable que d'autres éléments interviennent dans la production de ce phénomène.

Il y a encore une autre particuliarité sur laquelle il me paraît nécessaire de fixer l'attention. Dans certaines expériences où le résultat d'ensemble est cependant favorable à l'idée d'une germination plus hâtive dans les graines de moindre poids, nous voyons que la première germination s'est parfois produite dans le lot des graines les plus pesantes. D'ailleurs, dans les conditions les plus favorables de température, la germination des graines les plus petites ne se produit pas uniformément avant la germination des graines les plus volumineuses : c'est ce que nous avons toujours observé. La loi de priorité de germination en faveur des graines plus légères n'est donc point générale et comporte bien des exceptions.

Comment expliquer ces anomalies? En dehors des variations de volume et de poids, existe-t-il, pour les graines de même espèce et de même âge, des propriétés héréditaires ou innées, de nature à retentir sur la marche du processus germinatif, sans que ces propriétés se manifestent au dehors pour quelque caractère appréciable dans la semence elle-même? Comment expliquer, par exemple, les faits cités précédemment, dans lesquels les graines plus pesantes et plus volumineuses ont germé avant d'autres de même espèce, moins pesantes, moins volumineuses, contrairement à la tendance générale signalée par la plupart des auteurs?

Bien que nous pensions, avec M. A. de Candolle, (1) qu'il ne faut point se hâter de supposer qu'il peut y avoir dans les graines une vitalité différente, ne se traduisant au dehors par aucun signe physique, cependant nous reconnaissons que certains faits échappent à nos explications. Si l'on admet en effet que des graines recueillies sur la même plante peuvent produire des individus qui ne sont pas tous rigoureusement semblables, ce qu'on observe fréquemment, pourquoi s'étonner que cette

(1) *Op. cit.*, p. 243. *Bibl. univ. de Genève*, 1865.

dissemblance se manifeste, dès la première phase de la végétation, dans la semence elle-même? Peut-être serait-il possible de trouver la cause de ces variations dans la constitution intime de la graine, sans faire intervenir l'influence d'une action mystérieuse. Les rapports de volume de l'embryon et de la réserve nutritive sont-ils toujours parfaitement égaux pour toutes les graines de même espèce et de même provenance? C'est un point sur lequel nous ne possédons aucune notion précise. Il me paraît probable, cependant, que ce rapport doit varier dans des limites assez étendues d'une graine à une autre, et c'est vraisemblablement dans les variations de ce rapport que l'on trouvera la cause des anomalies de germination offertes par certaines graines. Il est permis de supposer, en effet, que dans les cas où le volume de l'embryon est plus considérable par rapport à celui de la réserve nutritive, cette dernière est plus rapidement épuisée et la sortie de la radicule doit s'opérer prématurément pour permettre au jeune végétal de former et d'utiliser le plus tôt possible son appareil chlorophyllien. Dans le cas où le volume de l'embryon est moindre par rapport à celui de cette même réserve, le contraire devra se produire : car le jeune végétal, abstraction faite de l'obstacle mécanique plus difficile à vaincre que l'épaisseur des tissus environnants opposera à la sortie de sa radicule, sera amplement muni de matériaux nutritifs : la nécessité de faire issue au dehors sera donc pour lui moins urgente que dans le cas précédent. Ce n'est là, toutefois, qu'une théorie à laquelle manque actuellement la sanction de l'observation directe, mais dont des recherches ultérieures permettront peut-être de vérifier l'exactitude.

Quoi qu'il en soit, d'ailleurs, des diverses circonstances inhérentes à la graine, s'il est possible de limiter les causes d'erreur qu'elles peuvent entraîner, assez complètement pour que l'expérimentation n'en soit point altérée, ce sera en choisissant pour les expériences des semences issues du même pied, du même fruit, si la chose est possible, d'un poids et d'un volume très sensiblement égaux. Dans le cas où l'on n'aura à sa disposition que des graines de même récolte, mais d'origine

différente, il faudra s'attacher à réaliser aussi complètement que possible les conditions d'identité de poids et de volume. Tels sont, à mon avis, les seuls moyens qui permettront d'obtenir, dans des recherches de ce genre, des résultats aussi comparables que possible, au moins en ce qui touche les graines elles-mêmes. Encore ne faut-il point perdre de vue ce fait important que, malgré l'examen le plus minutieux, il est impossible d'affirmer avec certitude qu'une graine germera. On comprend dès lors sans peine la part laissée à l'imprévu dans ces sortes d'expériences.

§ 2. — Causes d'erreur inhérentes au milieu.

Toutes ces causes peuvent se résumer dans les variations des trois conditions indispensables à la germination, c'est-à-dire de la chaleur, de l'humidité et de l'aération. L'ordre dans lequel j'énumère ces divers agents est aussi celui de la difficulté que l'on éprouve à limiter leur action ou du moins à la maintenir égale dans des expériences parallèles à la lumière et à l'obscurité. Il est, en effet, évident, que si nous pouvions donner, à des graines identiques par elles-mêmes, des conditions de chaleur, d'humidité et d'oxygénation complètement égales, l'influence de la lumière, étant seule variable, deviendrait facile à constater.

A ce point de vue, la chaleur est, sans contredit, l'agent physique dont il est le plus difficile d'identifier le degré dans les expériences que nous allons entreprendre. Cet écueil, ainsi que nous l'avons déjà vu précédemment, est justement celui que n'ont pas su éviter les auteurs des expériences analysées dans la partie historique de ce travail.

Pour éliminer la cause d'erreur inhérente à la différence de température, deux méthodes peuvent être employées, l'une indirecte, l'autre directe.

La méthode indirecte consiste à disposer les graines, les unes, à l'obscurité; les autres, à la lumière diffuse; les autres enfin, à la lumière directe; à noter la température dans ces

diverses conditions, plusieurs fois pendant la journée, de façon à établir une moyenne thermique pour les vingt-quatre heures et pour chaque lot de graines. Si cette moyenne se trouve identique pour les semences placées dans les trois conditions susmentionnées, le résultat sera atteint.

Nous avons employé ce procédé dans de nombreuses expériences préalables faites pendant le cours de l'été de l'année 1879. A cet effet, nous disposions les graines, divisées en trois lots, les unes, sur une fenêtre en dehors de l'appartement, les autres dans une chambre fermée, les autres enfin, dans un cabinet obscur communiquant avec cette chambre. Des observations thermométriques, fréquemment et soigneusement faites, nous ont montré que si la différence de température de la chambre et du cabinet était presque nulle, cette différence, était, au contraire, très marquée pour les graines placées au dehors. Si ces dernières recevaient vers midi une chaleur supérieure de 6 à 7 degrés à celle des autres lots, en revanche leur température s'abaissait considérablement pendant la nuit et jusqu'au lever du soleil. Les semences placées dans l'appartement, à la lumière diffuse ou à l'obscurité, ne subissaient, au contraire, que de faibles variations; leur température était même à peu près constante, surtout pendant la nuit. Les calculs exécutés pour l'établissement des moyennes m'avaient montré, en effet, que la somme totale de chaleur reçue par ces divers lots de graines n'était, dans quelque cas, pas très différente, quoique jamais absolument égale : ce fait est déjà de nature à inspirer quelque défiance contre ce procédé, surtout quand on songe que les éléments du calcul dépendent de circonstances sur lesquelles nous ne pouvons rien, et que le hasard seul peut réaliser favorablement.

Mais en dehors de cet inconvénient, déjà très sérieux, un autre est encore inhérent à ce mode d'expérimentation. Quand les expériences, en effet, sont exécutées pendant l'été et dans un climat chaud, le thermomètre, placé au soleil, atteint et dépasse facilement 30° centigrades. Or les recherches de M. A. de Candolle nous apprennent que la température favorable

pour la germination de la plupart des graines de nos climats se rencontre entre 15 et 25° centigrades. Par conséquent, toutes les fois que le degré favorable est dépassé d'une certaine quantité, il en résulte forcément une influence nocive sur le développement des graines exposées à l'action directe des rayons solaires, et par conséquent une perturbation dans la marche de l'expérience. Il n'est d'ailleurs nullement démontré, ainsi que le fait remarquer M. A. de Candolle (1), qu'une température moyenne agisse comme une température constante semblable. La théorie du degré favorable pour la germination de chaque espèce de graine me paraît même être en contradiction absolue avec cette assertion.

Supposons, en effet, que le point favorable soit, pour une espèce donnée, à 20°, et que l'on maintienne un lot de ces graines à cette température dans l'obscurité; qu'un deuxième lot soit placé en plein soleil et exposé à des variations maxima et minima de 25 à 15°. Il est évident que ces graines seront retardées dans leur développement par rapport au premier lot, puisqu'elles recevront, pendant la plus grande partie du jour et de la nuit, une chaleur différente du degré favorable, et ne seront exposées que pendant un temps relativement faible à cette même température favorable. Les graines du premier lot devront donc germer plus rapidement que celle du second.

Toutes les raisons que je viens de développer m'ont déterminé à sacrifier complètement les nombreuses expériences faites à l'aide de ce procédé, et à recourir exclusivement à la méthode directe, qui offre seule des garanties de précision.

Cette méthode consiste à disposer les expériences de telle façon que la température ambiante reste, à chaque moment et pendant toute la durée des germinations, complètement égale pour chacun des lots placés à l'obscurité, à la lumière diffuse et à la lumière directe. Certains physiologistes, ainsi que nous l'avons vu, avaient même aggravé l'erreur qui, normalement et pour ces trois conditions, est inhérente à la diffé-

(1) *Op. cit.*, p. 278.

rence de température, par certaines dispositions fâcheuses, telles que l'emploi de verres recouverts de noir de fumée ou de toute autre substance de même couleur et douée aussi d'un grand pouvoir absorbant.

En ce qui a trait aux difficultés d'application de cette méthode, il y a lieu de distinguer les expériences faites à la lumière diffuse et celles qui sont pratiquées à la lumière directe. Il est, en effet, assez facile d'assurer une égalité complète de température aux semences exposées d'une part à l'obscurité, d'autre part à la lumière diffuse : il suffit le plus souvent, pour atteindre ce but, que le récipient où germent les graines placées à l'obscurité soit maintenu dans la même enceinte que les graines placées à la lumière diffuse, aussi près que possible de ces dernières, et que les parois de ce récipient n'aient, par conséquent, qu'un faible pouvoir absorbant. Il faut aussi que la capacité de ce récipient soit suffisante pour que la chaleur dégagée pendant le phénomène de la germination ne puisse y produire une élévation de température suffisante pour activer la germination des graines non encore levées. La disposition que j'ai adoptée répond, je crois, à ces divers *desiderata*, ainsi qu'on le verra bientôt dans le détail des expériences.

Il est malheureusement beaucoup plus difficile de réaliser cette identité de température extérieure pour les graines exposées à la lumière directe et à l'obscurité. J'ai constaté fréquemment que cette différence peut, dans les conditions ordinaires, varier de 5 à 12° C. On doit alors recourir à des artifices d'expérimentation, par exemple à l'emploi de milieux athermanes, susceptibles d'absorber la presque totalité de la radiation obscure inhérente aux rayons lumineux, en ne laissant filtrer que les radiations éclairantes. Des défectuosités d'installation matérielle m'ont empêché de poursuivre mes recherches dans ce sens.

J'avais songé à employer la lumière électrique pour assurer l'action continue de l'éclairement pendant toute la durée des expériences. J'ai dû renoncer à ce projet à cause des diffi-

cultés d'exécution qu'il présentait. La lumière électrique diffère d'ailleurs assez notablement, ainsi que l'a démontré Tyndall, de la lumière solaire : d'après les recherches de ce physicien, le rayonnement invisible du soleil serait à peu près double du rayonnement visible, tandis que le rayonnement invisible de la lumière électrique est près de huit fois aussi grand que le rayonnement visible (1). Il eût donc été imprudent de mêler ces deux influences dans une même expérience. Il serait cependant curieux de déterminer quelle est l'action de la lumière électrique employée seule et d'une manière continue, parallèlement à celle de la radiation solaire et de l'obscurité.

Pour établir l'équilibre thermique entre les graines soumises à l'action directe de la radiation solaire et celles placées à l'obscurité, on pourrait encore recourir à un autre moyen : ce serait d'observer minutieusement, et à des intervalles fixes, pendant le jour, la température à laquelle sont soumises les graines du premier lot, et de maintenir le deuxième lot dans une étuve dont on ferait varier le degré de chaleur conformément aux variations constatées au soleil par le thermomètre. Mais tous ceux qui ont quelque pratique du laboratoire savent qu'il est presque impossible de réaliser ces changements avec suffisamment de précision et de rapidité pour que les conditions de chaleur, dans les deux expériences, soient absolument comparables. Aussi n'ai-je pas cru devoir m'arrêter à l'emploi de ce moyen.

Dans les cas où la température atmosphérique est notablement inférieure au degré favorable, on peut cependant, à l'aide du chauffage, élever d'une certaine quantité la chaleur de l'enceinte, de façon à placer les graines dans des conditions meilleures pour une prompte germination.

Mais, en dehors de la chaleur, deux autres agents indispensables, l'humidité et l'aération, doivent encore intervenir pour que le processus germinatif puisse s'accomplir.

(1) *Calorescence*, trad. Moigno, 1867, p. 17.

Si l'eau est nécessaire à la germination, il n'en faut pas moins que son action soit maintenue dans de certaines limites. Ainsi que le dit avec raison M. Duchartre (1), « un excès de ce liquide empêche la germination, parce que, après avoir dissous les matières solubles de la semence et avoir délayé celles qui sont insolubles, de manière à faciliter leur réaction réciproque, si elle surabonde, elle s'écoule en entraînant une forte proportion des unes et des autres et en prive ainsi l'embryon auquel elles étaient nécessaires »

Ce danger d'une trop grande humidité n'est pas le seul : dans la plupart des cas où la submersion des graines est complète, les phénomènes respiratoires dont l'embryon est le siège pendant la germination sont enrayés, sinon complètement, du moins dans une certaine mesure, surtout quand la température ambiante est suffisamment élevée pour diminuer la quantité des gaz aériens dissous dans l'eau. Parfois les semences se putréfient, et c'est là, sans contredit, une des causes qui vicient le plus fréquemment les résultats des recherches chimiques entreprises sur la germination. Cependant un certain nombre de graines jouissent de la propriété singulière de germer et même de végéter dans l'eau ordinaire : telles sont les graines de *Dolichos*, déjà mentionnées, et celles de certains *Phaseolus*.

Il est donc nécessaire de tenir compte de ces causes d'erreur; mais tout en évitant soigneusement de noyer les graines, on doit leur fournir cependant une quantité d'eau suffisante pour leur permettre d'y puiser à même, suivant leurs besoins. C'est ce que j'ai réalisé dans mes expériences. Quant à la précaution prise par certains physiologistes, et qui consiste à arroser les divers lots de graines avec une quantité d'eau égale pour chaque lot, elle n'a pas de raison d'être. Ce n'est, à mon avis, qu'une minutie qui complique inutilement l'expérimentation et qui peut même en dénaturer les résultats. Il est évident que les graines exposées à la lumière sont le siège

(1) *Éléments de botanique*, p. 804.

de phénomènes d'évaporation et de transpiration bien plus actifs que les semences placées à l'obscurité. En leur donnant une égale quantité d'eau, on s'expose donc à ce que les unes restent à sec, tandis que les autres seront submergées.

A l'état de nature, les graines trouvent dans le sol l'humidité nécessaire à leur germination; mais il est bien établi que le sol ne joue pas alors d'autre rôle que celui d'un milieu plus ou moins hygrométrique, plus ou moins bon conducteur de la chaleur. On peut donc, dans les germinations artificielles, remplacer le sol par quelque corps perméable à l'eau, une couche de coton ou de liège, par exemple, sur laquelle on dispose les graines. Grâce à cet artifice, les semences trouvent constamment autour d'elles l'humidité qui leur est nécessaire.

On voit, d'après ce qui précède, que les conditions d'aération et d'humidité sont presque toujours liées par un rapport inverse. Il faut donc, dans les expériences, établir entre elles une juste pondération. La graine doit être, par une partie de sa surface, en contact avec l'eau elle-même, tandis que l'autre partie émerge et rend possible l'échange gazeux nécessaire à la vie de l'embryon.

Il est une condition dont on n'a point tenu compte jusqu'à ce jour parmi celles qui exercent une influence favorable sur la germination, et que je ne dois point passer sous silence. Dans de récentes expériences, M. Édouard Heckel a constaté (1) que pour certaines graines, et en particulier pour celles de *Sinapis nigra*, la germination peut s'obtenir très rapidement, à une température très supérieure à celle du degré favorable, en maintenant ces graines dans une atmosphère humide. C'est ainsi que pour ce qui a trait au *Sinapis nigra*, spécialement étudié par M. Heckel, et dont la température favorable est de 17°,5 environ, la germination a pu être obtenue en 20 heures, avec des graines semées sur une éponge placée dans un vase contenant de l'eau distillée, le tout étant enfermé dans une étuve graduée à 48° C., avec le régulateur de Schlœsing. Les

(1) *C. R. Acad. sciences*, juillet 1880. *De l'action des températures élevées et humides sur la germination de quelques graines.*

mêmes graines, plongées dans l'eau qui baignait l'éponge, n'offraient, après ce laps de temps, pas le moindre signe de germination et ne levaient que longtemps après celles qui étaient maintenues à la température favorable. Le degré favorable ne serait donc pas un point rigoureusement fixé, ou varierait du moins avec l'état hygrométrique du milieu aérien.

Les faits que je viens de mentionner me semblent devoir être interprétés comme un exemple de la bonne influence exercée sur la germination, par la vapeur d'eau, dans un milieu saturé. Dans la longue série d'expériences relatées dans ce travail, j'avais été frappé de la rapidité plus grande de germination que présentaient certaines graines, et celles de Ricin en particulier, dans des appareils hermétiquement clos, dont l'air était saturé de vapeur d'eau, comparativement aux mêmes graines germant librement à l'air dans les mêmes conditions de température. Les expériences de M. Ed. Heckel nous donnent l'explication de ce fait singulier, et permettent de supposer que l'état hygrométrique de l'air n'est lui-même pas sans influence sur le phénomène germinatif.

Il est possible, par un artifice expérimental, d'abréger la durée de la germination d'une manière notable, surtout quand il s'agit de semences desséchées ou qui lèvent très difficilement. Pour cela, on plonge les graines pendant quelques heures dans un flacon rempli d'eau distillée privée d'air par une ébullition prolongée, et parfaitement bouché (1). Il est évident que, dans ces conditions, la germination ne peut se produire, la respiration de l'embryon étant rendue impossible par l'élimination de l'oxygène dissous dans l'eau qui l'entoure. Mais les semences

(1) Il est bien évident que dans ces conditions il faut soigneusement éviter de maintenir les graines immergées pendant un temps qui serait suffisant à déterminer la dissolution des matériaux destinés à nourrir l'embryon, et les expériences de MM. van Tieghem et G. Bonnier (*Recherches sur la vie ralentie et sur la vie latente; Bull. Soc. bot. de France*, t. XXVII, p. 117 et suiv.) montrent que ces phénomènes exosmotiques se produisent assez rapidement. Il y a là une question de temps à résoudre pour chaque graine; la pratique seule peut en fournir la solution.

subissent une imbibition presque mécanique et gonflent bientôt. On a ainsi triomphé d'un des obstacles les plus importants à une prompte germination, et dès que la graine est placée dans des conditions favorables, la durée de son évolution germinative se trouve abrégée de tout le temps qu'aurait nécessité la pénétration de l'eau, parfois très lente dans les circonstances ordinaires.

Tel est l'ensemble des conditions diverses, intrinsèques ou extrinsèques, susceptibles de retentir sur la germination et de vicier les résultats de l'expérimentation physiologique. Je crois utile de faire suivre cet exposé de l'étude brève de deux questions préliminaires assez délicates, qui se posent dès le début de ces recherches et doivent être résolues tout d'abord.

Comment fixer le moment de la germination? Telle est la première de ces questions. Elle est évidemment d'une détermination un peu arbitraire, et nous en trouvons la preuve dans les opinions diverses émises à ce sujet par les auteurs.

M. Duchartre (1), considérant la germination des graines comme « la période pendant laquelle leur embryon, sortant de l'état d'engourdissement et de torpeur auquel la maturation l'avait amené, se fait jour à travers ses enveloppes et s'accroît en une jeune plante », fait observer avec raison « que ce nom désigne, non un phénomène rapide, mais une période entière, intermédiaire entre la vie embryonnaire et la vie végétative de la plante ». « En théorie, dit-il, le commencement en est marqué par l'instant où l'embryon donne le premier signe de réveil et augmente de dimension; mais, dans la pratique, ce réveil est difficile à reconnaître. » L'embryon, en effet, se développe dans la graine avant d'apparaître au dehors, l'allongement de la radicule se fait plus ou moins vite selon les graines, enfin la jeune plante se montre différemment, selon l'espèce. Voilà autant de données variables qui rendent incertaine la fixation du moment de la germination.

M. A. P. de Candolle (2) regardait la germination comme ter-

(1) *Op. cit.*, 2e éd., 1877, p. 800 et 801.
(2) *Op. cit.*, t. II, p. 627.

minée dès que les feuilles primordiales étaient assez développées pour nourrir la jeune plante. Mais cette phase appartient déjà en partie à la période végétative.

Plus tard, Fr. Burckhardt (1) admit que la germination coïncidait avec le moment où s'étalent les cotylédons. Ainsi que le dit M. A. de Candolle (2), c'est encore là une époque de végétation qui « peut être bonne à considérer quand on compare la même espèce sous différentes conditions, mais diffère beaucoup d'une espèce à l'autre, certaines plantules demeurant longtemps recourbées sous terre ou avec leurs cotylédons emprisonnés dans les restes du spermoderme ».

En ce qui concerne la détermination du moment où finit la germination, je ne puis, en définitive, mieux faire que de citer les paroles judicieuses écrites par M. Duchartre (3) à ce sujet :

« La fin de la germination, dit-il, ne peut guère être constatée par l'observation directe, bien qu'on puisse en concevoir le terme théorique. Elle arrive, en effet, lorsque l'embryon, devenant une plante, a consommé pour son propre usage la provision de matières nutritives qu'il trouvait dans la graine, soit autour de lui, sous la forme d'albumen, soit en lui-même, et alors emmagasinée dans le corps cotylédonnaire. A ce moment, si la jeune plante ne peut emprunter aux milieux ambiants les éléments de sa nutrition, elle périt; mais dans les circonstances ordinaires, elle commence, même un peu avant cet instant, à puiser autour d'elle son aliment et à en opérer, dans l'épaisseur de ses tissus, une assimilation qui le modifie et le lui incorpore; elle est donc ainsi entrée dans sa période végétative même avant que sa période germinative soit entièrement terminée, et, dès lors il est impossible de marquer un intervalle entre les deux. Cette considération explique pourquoi les physiologistes ont été aussi peu unanimes pour fixer la fin de la période germinative, qu'ils l'avaient été pour en déter-

(1) *Sur la détermination du zéro de végétation* (*Verhandl. d. Naturforsch. Gesellsch. Basel*, 1858, VIII).

(2) *Op. cit.*, t. XIV, 1865, p. 246.

(3) *Op. cit.*, p. 801.

miner le commencement. Toutefois, en s'écartant des conditions ordinaires, on peut mettre en évidence la fin de la période germinative, pourvu qu'on empêche la jeune plante d'entrer dans sa période purement végétative. C'est ce qui a lieu pour les graines qu'on fait germer dans l'eau distillée ou dans un lieu obscur. Les plantules qui en proviennent ne peuvent commencer à végéter par elles-mêmes, et dès lors elles périssent après avoir épuisé les matières nutritives qu'elles trouvaient dans la graine ; en d'autres termes, elles ne dépassent pas la fin de la période germinative. »

Au point de vue expérimental et essentiellement pratique qui doit seul me préoccuper dans ce travail, il faut donc chercher la caractéristique de la germination dans un phénomène aussi général et aussi facile à constater que possible. M. A de Candolle (1), par exemple, a regardé comme le moment de la germination celui où, le spermoderme étant brisé, la radicule commence à sortir.

A l'exemple du physiologiste genevois, j'ai, dans mes recherches, considéré l'apparition de la radicule comme l'indice de la germination. Dans quelques cas particuliers, j'ai prolongé les expériences au delà de ce moment et fait intervenir la longueur de la radicule comme moyen d'apprécier comparativement des influences diverses. C'est ainsi que deux lots de graines, germant parallèlement à la lumière et à l'obscurité, l'allongement plus considérable de la radicule dans les semences du premier lot peut être regardé comme un indice de la bonne influence de la lumière sur la germination, puisqu'il est connu qu'à l'obscurité les radicules ont une tendance à s'allonger d'une manière anormale.

La seconde question qui nous reste à examiner est relative à la mesure de la lumière que reçoivent les graines pendant leur germination. Cette énergie étant sujette à des variations très grandes, on comprend facilement quelle utilité il y a, pour les expériences de la nature de celles qui nous occupent, à

(1) *Op. cit.*, t. XXIV, p. 246.

mesurer chaque jour l'intensité des rayons solaires qui parviennent jusqu'à nous. Les méthodes actinométriques employées par les physiciens ont pour objet principal de mesurer la quantité absolue des rayons qui nous arrivent directement du soleil, à l'aide d'appareils qui sont de véritables calorimètres; mais on néglige ainsi l'illumination du ciel et les rayons diffusés par les nuages ou les objets terrestres. Ces méthodes sont d'ailleurs inapplicables pendant les temps couverts. Au point de vue de la physiologie botanique, il faut « s'efforcer, au contraire, de mesurer la somme de rayons que le ciel nous livre par tous les temps, même pendant les pluies, parce que la végétation utilise tous ceux qu'elle reçoit » (1). Les instruments et les méthodes sont dans ce cas absolument différents. C'est ainsi que l'actinomètre de M. Marié-Davy peut être seul utilisé pour les recherches physiologiques, tandis que celui de M. Violle doit être rigoureusement proscrit.

L'absence de notations actinométriques à l'observatoire de Marseille m'a empêché d'introduire dans mon travail des mesures précises de l'intensité lumineuse. J'ai dû me contenter de noter l'état de l'atmosphère, et presque toutes mes expériences, je dois le dire, ont été favorisées par un ciel aussi pur que possible. A ce point de vue, le climat du Midi m'a fourni des conditions qu'il eût été impossible de réaliser dans des régions plus rapprochées du Nord.

§ 3. — Disposition des expériences.

Les détails circonstanciés dans lesquels je suis entré à propos des causes d'erreur abrègent beaucoup la description des procédés expérimentaux auxquels j'ai eu recours.

Les graines employées dans les recherches qui vont suivre étaient des graines nues ou des fruits monospermes, de grosseur moyenne ou au-dessous de la moyenne, notées la plupart pour leur facile germination; les unes exotiques, par conséquent intéressantes à étudier à cause de l'ignorance où nous sommes

(1) *An. de l'obs. de Montsouris*, p. 26, 1880. Marié-Davy.

pour ce qui concerne leur germination; les autres, au contraire, indigènes, bien connues, et dont le degré favorable était déterminé au moins d'une manière approximative, fait important pour l'interprétation des résultats. Ces graines, les unes albuminées, les autres sans albumen, appartiennent à quelques familles les plus répandues et les plus importantes.

Les expériences relatées ici ont porté sur cinq Crucifères, *Brassica napus*, *Iberis amara*, *Lepidium sativum*, *Sinapis alba*, *Raphanus sativus;* deux Renonculacées, *Delphinium consolida*, *Nigella sativa;* une Cucurbitacée, *Cucurbita melo*, var. melon vert; une Papaveracée, *Papaver somniferum;* une Euphorbiacée, *Ricinus communis;* une Graminée, *Zea maïs;* deux Légumineuses, *Arachis hypogœa*, *Dolichos lablab;* une Rubiacée, *Coffea arabica*, var. Rio; trois Composées, *Spilanthes fusca*, *Helianthus annuus*, *Carthamus tinctorius;* une Malvacée, *Hibiscus esculentus;* une Polygonée, *Fagopyrum esculentum;* une Linée, *Linum usitatissimum;* une Sésamée, *Sesamum orientale;* enfin une Liliacée, *Pancratium maritimum.* J'ai sacrifié un grand nombre d'autres expériences faites avec des graines de germination difficile ou trop irrégulière.

La plupart de ces graines ont été récoltées avec grand soin au jardin botanique de l'École de médecine, dans des conditions aussi identiques que possible, toujours sur le même pied, parfois dans le même fruit. Cette particularité sera d'ailleurs mentionnée pour chaque expérience. Dans le cas où un seul fruit ne pouvait fournir le nombre de graines nécessaire à une expérience, on choisissait de préférence les semences des fruits les mieux développés. Quant aux graines d'origine commerciale, toutes celles dont j'ai fait usage appartenaient au même échantillon. Enfin ces divers lots, dont je constatais préalablement la bonne qualité à l'aide des moyens usuels, et dont j'éliminais soigneusement toutes les semences atteintes de quelque altération apparente, étaient conservées dans un endroit sec, dont la température variait peu.

Pour des expériences parallèles, les graines étaient d'abord comptées et pesées de telle sorte qu'il y eût toujours de chaque

côté un même nombre de graines vérifiées une à une et représentant un poids total à peu près identique. Pour les semences de petit volume et de forme arrondie, comme celles de quelques Crucifères, le triage pouvait être fait à l'aide de deux tamis à mailles, de dimensions peu différentes. On soumettait d'abord l'échantillon à l'action du tamis à mailles plus larges; on recueillait les graines qui le traversaient et on les passait au tamis à mailles plus étroites, ne conservant pour l'expérience que les semences trop volumineuses pour traverser le deuxième tamis : de cette façon, on séparait des semences de volume et de poids presque identiques, ainsi que je m'en suis assuré. Enfin, pour atténuer autant que possible les causes d'erreur inhérentes aux graines elles-mêmes, j'ai toujours employé pour chaque expérience un nombre assez grand de semences.

Les pesées étaient effectuées avec une balance de laboratoire, sensible au milligramme, toutes les fois qu'il s'agissait de graines d'un petit volume; avec une balance ordinaire pour les autres cas.

Les températures étaient notées à l'aide d'une série de thermomètres très exacts, comparables entre eux et gradués, deux de 0 à 17°; les autres de 15 à 36° ; les maxima et les minima étaient donnés par des thermomètres spéciaux. Les observations thermométriques étaient faites, en général, trois fois par jour : le matin de 7 à 8 heures, dans le milieu de la journée, entre midi et 2 heures, enfin le soir entre 7 et 8 heures. Dans les quelques cas où ces trois observations n'avaient pu être faites, les thermomètres à maxima et à minima fournissaient les deux températures extrêmes de la journée.

Des lots de graines de même nombre et de même poids étant préparés, on les place sur des flotteurs en liège que je dois brièvement décrire à cause des services qu'ils m'ont rendus.

Ces petits appareils sont faciles à préparer : on prend pour cela une rondelle de liège de 8 à 10 centimètres de largeur et de 1 à 2 centimètres d'épaisseur; on la creuse régulièrement, de manière à ne laisser sur les bords qu'une paroi de 3 à 4 millimètres; le creusement est continué jusqu'à ce que le

plancher de la cavité ainsi formée ne présente plus qu'une épaisseur de 2 à 3 millimètres. Ce flotteur est donc très facilement perméable à l'eau, ce qui entretient un état constant d'humidité autour des graines qu'il supporte. Mais le poids des semences variant dans des limites très étendues, suivant les espèces, les flotteurs doivent être disposés de telle façon que les graines qu'ils portent ne soient exposées ni à la submersion ni à la dessiccation. On obvie facilement à ce double danger en lestant le flotteur dans le cas où le poids des graines est insuffisant pour le faire plonger jusqu'au degré convenable. Le choix de la substance employée dans ce but n'est pas indifférent ; il faut qu'elle ne soit point attaquée par l'eau ; aussi les débris de verre m'ont-ils paru les plus propres à cet usage. Si, au contraire, le poids des graines fait plonger le flotteur de telle façon qu'il en résulte une véritable submersion, on remédie à cette défectuosité en plaçant sous les petits appareils une ou plusieurs lamelles de liège, de manière à relever leur ligne de flottaison autant que cela est utile.

Grâce à l'emploi de ces flotteurs, les deux conditions d'aération et d'humidité sont toujours réalisées aussi favorablement et aussi complètement que possible. Dans certains cas, on peut encore y aider en couvrant le fond du flotteur avec une couche d'ouate ou de papier brouillard quand il s'agit de graines très petites.

Ces appareils contenant les graines en expérience sont abandonnés sur des récipients remplis d'eau que l'on expose à la lumière ou à l'obscurité. Pour réaliser cette dernière condition, j'ai fait usage d'une caisse en bois blanc parfaitement ajustée et tapissée extérieurement de calicot blanc et au-dessus d'une double couche de papier de même couleur, disposition ayant pour but d'atténuer le pouvoir absorbant de ces diverses parties. Cette boîte, représentant à peu près un cube de 80 centimètres de côté, avait des dimensions suffisantes pour que la chaleur produite par la germination des graines qui y étaient contenues ne pût en élever la température d'une manière sensible au-dessus de celle du milieu ambiant.

Les graines levées étaient comptées chaque jour et retirées du flotteur dès l'apparition de la radicule.

Les expériences relatées ci-après ont été faites à la lumière diffuse, au fond d'une chambre vaste et bien éclairée mais disposées de telle façon qu'elles ne recevaient jamais l'action directe du soleil : la caisse contenant les graines placées à l'obscurité et les lots exposés à la lumière se trouvaient donc dans des conditions identiques de température; la variation thermométrique entre le maximum et le minimum, pour les 24 heures, ne dépassait guère 3 ou 4°; si la caisse se mettait un peu plus lentement en équilibre de température avec le reste de l'appartement, il n'y avait pas là une cause d'erreur sensible, puisque cette lenteur existait aussi bien pour les élévations que pour les abaissements du thermomètre.

J'ai tenté cependant de résoudre la question en litige pour des lots exposés simultanément à la lumière directe, à la lumière diffuse et à l'obscurité; mais il y avait toujours un écart très grand de température entre les semences recevant directement la radiation solaire et celles qu'elle ne frappait que d'une manière diffuse. Cette cause d'erreur me paraît avoir une influence trop marquée sur la germination pour que j'aie attaché une sérieuse importance à des expériences faites dans ces conditions. Un fait cependant m'avait frappé dans presque tous les cas, c'est que les lots de graines (cresson alénois, melon vert, moutarde blanche) exposés en plein soleil ne germaient que très difficilement ou pas du tout, tandis que les lots placés à la lumière diffuse ou à l'obscurité avaient une avance marquée et germaient en grand nombre. Il est vrai que le degré favorable était toujours dépassé dans le premier cas. Cependant, si nous nous reportons aux expériences déjà mentionnées de M. Heckel sur la possibilité de faire germer à des températures très élevées, et avec une rapidité plus grande encore que dans les conditions ordinaires, des semences de même nature, il est permis de se demander si la chaleur était la seule cause de ce retard ou de cet arrêt de la germination. Bien que l'installation nécessaire pour étudier

cette question dans des conditions expérimentales, absolument hors de discussion m'ait fait défaut, je serais porté à admettre, avec M. Pringsheim, que l'action trop vive de la lumière directe est de nature à exercer une influence fâcheuse sur le protoplasme que renferme l'embryon végétal. On a prétendu en effet que, au delà d'une certaine intensité, plus faible que celle pour laquelle la chlorophylle se détruit, le protoplasme pouvait être tué par la lumière, par suite d'une combustion respiratoire trop rapide. Les recherches contenues dans le chapitre suivant nous permettront peut-être de vérifier l'exactitude de cette opinion.

Ces expériences ont été répétées un grand nombre de fois sur les graines de même espèce, à diverses époques de l'année 1879, et par conséquent dans des conditions de température très différentes. Leur marche a été minutieusement observée dans 90 cas. Afin que l'on puisse embrasser d'un coup d'œil l'ensemble de ces expériences, et pour éviter les longueurs qu'entraînerait la relation détaillée d'un nombre de faits aussi considérable, je résumerai ces expériences dans le tableau qui suit, en supprimant les cas où la germination ne s'est pas produite faute de chaleur. Je noterai les températures maxima et minima constatées dans le cours de chaque expérience; enfin, les mots obscurité ou lumière, placés dans la colonne des résultats, indiqueront l'avantage obtenu par l'une ou l'autre de ces conditions.

§ 4. — Conclusions.

En faisant abstraction des résultats douteux ou nuls, nous constatons que :

1° Dans 22 expériences, la priorité de germination s'est produite à la lumière; dans 26 expériences, à l'obcurité;

2° Cinq fois il y a eu un double résultat favorable à la lumière, pour la même espèce (*Arachis*, *Zea maïs*, *Dolichos*, *Sinapis*, *Linum*); huit fois ce double résultat s'est manifesté pour les lots placés à l'obscurité (*Helianthus*, *Delphinium*,

Pancratium, *Fagopyrum*, *Linum*, *Raphanus*, *Ricinus*, *Papaver*) ; une fois, il y a eu double résultat pour les deux conditions de lumière et d'obscurité (*Linum*).

ESPÈCES.	NUMÉROS DE L'EXPÉRIENCE.	TEMPÉRATURES.		RÉSULTAT.
Cucumis melo	1	23°,5	26°,4	Douteux.
	2	24°,2	28°,5	Douteux.
	3	19°	23°	Lumière.
Arachis hypogœa	6	25°,8	28°,5	Lumière.
	7	26°,5	30°,5	Obscurité.
	8	14°,5	18°	Lumière.
	9	15°,4	19°,6	Douteux.
Zea maïs	11	25°,8	28°,5	Lumière.
	12	26°	30°,5	Obscurité.
	13	12°	15°,4	Lumière.
Coffea arabica (1).....	15	25°,5	29°,5	Douteux.
	16	25°	29°	Douteux.
	17	21°	24°,5	Douteux.
Helianthus annuus	19	23°	27°	Obscurité.
	20	18°	22°,5	Obscurité.
	21	15°,5	21°,5	Lumière.
Hibiscus esculentus	23	25°,8	29°,5	Lumière.
	24	21°,4	25°,5	Douteux.
	25	16°,5	19°	Obscurité.
Dolichos lablab	27	25°,4	29°,5	Obscurité.
	28	21°	24°,5	Douteux.
	29	8°,6	11°,5	Lumière.
	30	15°,5	19°,6	Lumière.
Spilanthes fusca (2)........	31	24°,4	28°,5	Lumière.
	32	18°	23°,8	Douteux.
Delphinium consolida (3)....	35	17°	20°,5	Obscurité.
	36	18°	22°,5	Obscurité.

(1) Dans ces trois expériences, la germination a été incomplète; elle s'arrêtait après l'apparition d'une radicule de 5 à 7 millimètres, et bientôt les graines se décomposaient.

(2) J'ai constamment obtenu la presque unanimité de germination dans cinq à six jours; ce qui est en complet désaccord avec les expériences de Ramon de Sagra, faites à la Havane, par une température à peu près identique.

(3) Ch. Darwin dit que ces graines germent mal à la lumière; mes expé-

ESPÈCES.	NUMÉROS DE L'EXPÉRIENCE.	TEMPÉRATURES.		RÉSULTAT.
Pancratium maritimum (1)..	37	18°,5	23°,5	Obscurité.
	38	17°	19°,5	Obscurité.
Fagopyrum esculentum.....	40	17°	19°,4	Obscurité.
	41	18°,4	24°,6	Obscurité.
	43	13°,5	16°	Lumière.
Brassica napus............	44	17°	21°,5	Douteux.
	45	20°,5	23°	Douteux.
	46	23°,5	26°,5	Obscurité.
	47	11°	13°,5	Lumière.
Lepidium sativum.........	48	17°	21°,5	Douteux.
	49	19°	22°,4	Obscurité.
	50	7°,5	9°,7	Douteux.
Sinapis alba..............	52	12°	14°,5	Douteux.
	53	15°,5	18°	Douteux.
	54	19°	22°,5	Douteux.
	55	24°,5	27°,5	Obscurité.
	56	7°,5	9°,5	Lumière.
	57	6°,2	7°,5	Lumière.
Iberis amara..............	58	7°,2	9°,5	Lumière.
	59	11°,5	14°	Douteux.
	60	18°,5	22°	Obscurité.
Linum usitatissimum......	61	6°,2	7°,5	Obscurité.
	62	7°,5	9°,8	Lumière.
	63	11°	14°,5	Lumière.
	64	15°,8	18°	Douteux.
	65	19°	22°,5	Douteux.
	66	24°,5	28°,5	Obscurité.

riences indiquent, en effet, une légère priorité en faveur des semences placées à l'obscurité, mais bien moindre que ne l'affirme le naturaliste anglais. La différence de température n'est peut-être pas étrangère à cette différence dans les résultats.

(1) On sait que ces graines sont munies d'un appareil de flottaison qui leur permet de se maintenir sur l'eau et d'y germer. Il était curieux de savoir si la graine tombe au fond de l'eau dès que la germination est terminée. Les faits que j'ai observés à ce sujet sont contradictoires. Tantôt la graine tombait au fond de l'eau après l'apparition de la radicule, tantôt elle continuait de surnager. Dans ce dernier cas, il suffisait de la comprimer légèrement pour que l'air contenu dans son périsperme fût expulsé et qu'elle gagnât le fond ; il y a donc tout lieu de supposer que ces différences sont liées à la pénétration ou à la non-pénétration de l'eau dans l'appareil flotteur aérien, phénomène qui est lui-même sous la dépendance du degré de compression exercé sur la radicule par

ESPÈCES.	NUMÉROS DE L'EXPÉRIENCE.	TEMPÉRATURES.		RÉSULTAT.
Nigella sativa............	67	7°,4	10°,5	Douteux.
	68	15°,5	19°,4	Obscurité.
	69	19°,6	22°	Douteux.
Sesamum orientale........	71	11°	14°,5	Douteux.
	72	15°,5	18°	Lumière.
	73	19°	22°,5	Obscurité.
	74	23°,5	26°,5	Lumière.
	75	26°	30°,5	Douteux.
Carthamus tinctorius.....	77	19°,5	24°	Douteux.
	78	9°	11°,5	Douteux.
	79	12°,5	15°,5	Lumière.
Raphanus sativus..........	80	9°	11°,5	Obscurité.
	81	12°,5	15°,5	Lumière.
	82	18°,5	22°	Obscurité.
	83	22°,5	26°	Douteux.
Ricinus communis.........	84	17°	19°,5	Obscurité.
	85	22°	25°,5	Lumière.
	86	24°,5	28°,6	Obscurité.
Papaver somniferum.......	88	17°	19°,5	Obscurité.
	89	18°	22°,5	Obscurité.
	90	22°	25°,5	Lumière.

3° Parmi les 22 espèces employées, la même espèce a donné quatorze fois des résultats mixtes favorables tantôt à la lumière, tantôt à l'obscurité (*Arachis*, *Zea maïs*, *Helianthus*, *Hibiscus*, *Dolichos*, *Fagopyrum*, *Brassica*, *Sinapis*, *Iberis*, *Linum*, *Sesamum*, *Raphanus*, *Ricinus*, *Papaver*).

4° Sur les 8 autres espèces, 1 n'a donné que des résultats négatifs (*Coffea*) ; 3 ont fourni un résultat favorable à la lumière (*Cucurbita*, *Spilanthes*, *Carthamus*) ; 4 un résultat favorable à l'obscurité (*Delphinium*, *Pancratium*, *Lepidium*, *Nigella*).

Il me paraît impossible de tirer de ces faits une conclusion

les parties extérieures de la semence. Je dois ajouter que, dans certains cas, les graines s'imbibaient rapidement, tombaient au fond du récipient, et germaient cependant, mais en moins grand nombre que dans les cas où elles s'étaient maintenues à flot pendant un certain temps.

quelconque. Doit-on s'en étonner? Le problème est certainement plus complexe qu'il ne paraît au premier abord. Il y a tout lieu de supposer, par exemple, que l'influence de la lumière n'est point identique suivant les conditions de température qui interviennent dans l'expérience. Mais, ici encore, nous nous trouvons en présence de l'inconnu : car, pour tirer de ces recherches les conséquences qui pourraient en découler, il serait nécessaire de connaître d'une manière précise le degré thermique favorable pour la germination des semences de chaque espèce. C'est, malheureusement, une lacune très importante qui reste encore à combler; car les quelques travaux faits dans cette voie nous fournissent à peine quelques mesures approximatives limitées à un très petit nombre de semences. Cependant, en nous appuyant sur des faits d'un autre ordre mentionnés dans la suite de ce travail, il nous semble permis de supposer que l'influence de la lumière ne peut être utile à la germination qu'autant qu'elle intervient pour des températures inférieures au degré favorable. Un assez grand nombre des observations précédemment citées (nos 3, 6, 7, 11, 13, 29, 30, 43, 47, 56, 57, 58, 79) sembleraient même en rapport avec cette manière de voir. Malheureusement, les contradictions que nous constatons dans nos résultats ne nous permettent pas actuellement d'étayer cette opinion sur une base solide.

Un autre motif m'engage d'ailleurs à n'accepter qu'avec de nombreuses réserves les résultats auxquels peuvent conduire les expériences ayant pour critérium le développement apparent de l'embryon. Cette méthode ne me paraît point capable de fournir un élément d'appréciation vraiment scientifique dans la question qui m'occupe. Le processus germinatif n'est point, en effet, un phénomène aussi simple que le supposent peut-être trop facilement la plupart des botanistes; sa complexité est même assez grande pour que l'on ne puisse juger du développement réel de l'embryon végétal et du degré de son activité physiologique, par des caractères extérieurs appréciables à la vue, tels que la rupture du spermoderme et la aillie plus ou moins hâtive de la radicule. Je ne crains pas

d'affirmer, en me basant sur des observations fréquemment répétées, que c'est là un procédé empirique absolument illusoire dans le cas particulier qui m'occupe. Bien qu'il soit susceptible de fournir des résultats précieux, lorsqu'il s'agit de juger de l'influence d'une des conditions fondamentales de la germination, il devient complètement insuffisant quand il faut surprendre des influences secondaires plus délicates et plus fugaces, telles que celle de la lumière. J'ai, en effet, constaté dans le cours des recherches chimiques rapportées plus loin que, pour le même développement apparent, l'absorption de l'oxygène, par les semences en voie de germination, varie dans de larges proportions avec la température, et n'est pas en rapport avec l'accroissement extérieur de l'embryon. Il n'est d'ailleurs pas surprenant que le développement de ce dernier puisse se poursuivre, à l'intérieur de la graine, plus longtemps dans une semence que dans une autre en apparence identique; le rapport inconnu et variable de la réserve nutritive et du végétal rudimentaire est probablement la raison de ces particularités encore inexpliquées.

Bien que les recherches consignées dans ce chapitre ne puissent fournir aucun résultat positif en ce qui touche le sujet même de ce travail, je les ai conservées et relatées ici afin d'éclairer les observateurs sur les défectuosités d'un procédé expérimental auquel, dans l'avenir, ils auraient pu être tentés de recourir encore : cela ma paru d'autant plus utile que ce danger ne semble point avoir, jusqu'à ce jour, frappé l'attention des botanistes. D'autre part, ces observations contenaient quelques renseignements nouveaux relativement au degré thermique favorable à la germination de quelques graines exotiques.

Je dois enfin mentionner accessoirement une particularité que j'ai souvent notée et qui n'a point encore été signalée, à ma connaissance du moins. Quand on maintient dans l'obscurité certains embryons en voie de développement jusqu'au moment où commence la période végétative, la tigelle reste presque complètement glabre, tandis qu'à la lumière le même

organe se couvre de poils plus nombreux et mieux développés. Ce fait est très marqué sur les plantules de *Sinapis alba*. Chez d'autres végétaux, l'état pileux n'existant pas ou étant peu prononcé sur les tigelles à l'état normal, ce contraste ne se produit pas. Il est probable que la diminution du nombre et du volume des poils sur les tigelles de *Sinapis* développées à l'obscurité, n'est qu'une conséquence de l'étiolement qui entraîne le jeune végétal à s'accroître outre mesure dans le sens de l'allongement.

En présence de la conclusion à laquelle nous avons été conduit, il devenait inutile d'étudier l'action des différents rayons du spectre solaire, d'après la marche apparente de la germination. Comment supposer, en effet, après les résultats contradictoires obtenus précédemment pour les conditions de lumière et d'obscurité, c'est-à-dire pour les conditions les plus extrêmes, que l'emploi de la même méthode pût déceler pour les divers éléments du spectre une différence d'action?

Fallait-il donc, après cette première tentative infructueuse, renoncer à la solution du problème que je m'étais posé, ou chercher dans une autre voie plus féconde et plus sûre? C'est ce dernier parti que j'ai adopté, en prenant pour base d'une nouvelle série d'observations, les variations d'un acte physiologique qui mesure d'une manière presque mathématique l'activité germinative de l'embryon végétal, c'est-à-dire la fonction respiratoire. Ces recherches chimiques font l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE II

RÔLE DE LA LUMIÈRE DANS LA GERMINATION ÉTUDIÉ D'APRÈS LES ÉCHANGES GAZEUX AVEC L'ATMOSPHÈRE

Pour étudier d'une manière complète au point de vue chimique, l'influence de la lumière sur la germination, il serait nécessaire de poursuivre une double série de recherches ; les unes, ayant pour objectif les modifications que le processus germinatif imprime aux échanges gazeux avec le milieu aérien,

suivant qu'il s'accomplit à l'obscurité ou à la lumière; les autres, destinées à pénétrer le secret des modifications très complexes qui, pour ces deux conditions, se produisent dans la nutrition intime de l'embryon végétal.

Dans l'état actuel de la science, il serait téméraire de chercher à remplir un cadre aussi vaste. Si, en effet, l'étude de l'influence de la lumière sur la respiration des semences, pendant la germination, est déjà entourée de certaines difficultés, la seconde partie du problème semble à peu près insoluble à l'heure présente. Bien que nous possédions déjà des notions assez étendues sur la composition chimique des différentes graines, nous ne savons que fort peu de chose sur les modifications subies dans les circonstances ordinaires de germination par les principes immédiats que contiennent ces organismes. Je limiterai donc mes recherches à la première partie de cette étude.

La méthode volumétrique est celle que j'ai préférée, et le principe du procédé employé repose sur les variations de volume que subit une atmosphère confinée de capacité connue, sous l'influence des graines qui y germent : ces dernières absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique qui est fixé, au fur et à mesure de sa production, par une solution alcaline où l'on peut même le doser à la fin de l'expérience. La diminution de volume de l'air contenu dans l'appareil répond à l'absorption de l'oxygène et la mesure directement. Mais l'emploi de ce procédé suppose implicitement que d'autres gaz ne sont pas absorbés ou émis par les semences dans l'acte normal de la germination. Comme une opinion contraire a été énoncée, il y a quelques années, par MM. Dehérain, et Landrin (1), il importe d'examiner les principaux résultats mentionnés par ces physiologistes, afin de mettre la méthode que j'ai suivie à l'abri de toute objection, et d'établir qu'elle possède une exactitude aussi rigoureuse que peut le comporter une recherche de cet ordre. On a d'ailleurs adressé

(1) *Ann. sc. nat.*, 1874, t. XIX, p. 358.

quelques critiques aux conclusions trop générales que ces auteurs ont tirées de leurs expériences. Ainsi M. A. Leclerc (1) a insisté sur les défectuosités du mode opératoire adopté par eux et qui consistait à placer les graines dans une couche d'eau sur le mercure, c'est-à-dire dans des conditions défavorables à la germination, par suite du double contact avec l'eau et le mercure ; il a signalé quelques résultats discordants dans les chiffres rapportés par MM. Dehérain et Landrin, et leur a reproché d'avoir employé deux méthodes analytiques différentes pour le dosage de l'azote dans les graines avant et après la germination, et par-dessus tout, d'avoir basé leurs conclusions sur des expériences très différentes dans lesquelles les graines avaient germé, n'avaient pas levé ou s'étaient putréfiées. En effet, comme le dit avec raison M. Leclerc, la principale difficulté que l'on rencontre dans ce genre de recherches résulte d'une mauvaise germination, et il est extrêmement rare d'obtenir le développement de toutes les semences.

« Or, quand une graine, placée dans un liquide ou en contact avec une atmosphère oxygénée et saturée de vapeur d'eau, ne germe pas, elle se décompose et dégage, ainsi que l'ont montré les expériences de MM. Lawes et Gilbert, de l'acide carbonique libre et de l'azote libre (2). » De ce qu'il y a dégagement d'azote pendant la germination dans une atmosphère artificielle, comme l'ont constaté MM. Dehérain et Landrin, il ne résulte pas nécessairement que le même phénomène se produise dans l'air normal.

Je dois faire observer, du reste, qu'il existe une différence capitale entre le mode expérimental adopté par MM. Dehérain et Landrin et celui auquel j'ai eu recours, différence qui est d'ailleurs en rapport avec le but spécial poursuivi dans les deux cas. Dans les expériences de ces physiologistes, l'acide carbonique exhalé s'ajoutait à l'atmosphère confinée dans des

(1) *Ann. ch. et phys.*, 1875, t. IV, p. 232.
(2) *Op. cit.*, p. 234.

proportions variables, suivant la nature des graines et le volume du milieu aérien primitif. Or, les expériences de MM. Dehérain et Landrin (1), confirmant celles plus anciennes de Th. de Saussure, établissent que, dans le cas où la proportion d'acide carbonique atteint un quart, même dans l'oxygène pur, la germination ne se produit pas (tableau IV) (2), et que dans une atmosphère contenant 112 centimètres cube d'oxygène pour 3 centimètres cube d'acide carbonique, le phénomène commence, mais s'arrête bientôt d'une manière complète (tableau V) (3).

Il est donc certain que la présence en quantité un peu notable de l'acide carbonique dans le milieu où respirent des graines en germination, apporte une entrave au moins relative à la marche du phénomène. Les expériences dans lesquelles l'acide carbonique exhalé n'est pas absorbé à mesure de sa production, comme je l'ai fait dans mes recherches, ne réalisent donc pas les conditions physiologiques : elles placent les semences dans un milieu artificiel nuisible à leur développement, et les exposent à une véritable asphyxie qui, très probablement, se produit alors dans la graine par un mécanisme identique à celui qu'on a admis pour les animaux, même les plus élevés en organisation. Il est permis de supposer, en effet, que, de même que chez ces derniers, l'asphyxie est la conséquence de l'impossibilité où se trouve le milieu intérieur de se débarrasser de l'acide carbonique qu'il contient dès que le milieu extérieur en est saturé au même degré ; de même, pour les graines, l'asphyxie survient dès que la tension de l'acide carbonique inclus devient égale à celle du même gaz contenu dans l'atmosphère : l'échange s'arrête alors, et c'est vraisemblablement l'acide carbonique produit par la graine elle-même qui, ne pouvant plus trouver issue au dehors, y détermine une suspension de la vie, momentanée ou définitive.

() *Op. cit.*, p. 384.
(2) *Op. cit.*, p. 384.
(3) *Op. cit.*, p. 386.

Comme l'a établi M. P. Bert pour les animaux à sang froid, l'asphyxie des semences dans un air confiné résulte très probablement beaucoup plus de la présence d'un excès d'acide carbonique que de la privation d'oxygène.

Quant au phénomène de l'occlusion, j'avouerai qu'il m'est impossible d'accepter l'interprétation qu'en ont fournie MM. Dehérain et Landrin. De ce que les graines, avant d'avoir donné aucun signe apparent de germination, ont absorbé des quantités souvent considérables de gaz, doit-on conclure avec ces physiologistes, « qu'au commencement de la germination les graines absorbent le gaz à la façon des corps poreux » et « qu'ils y sont condensés comme le sont l'hydrogène dans l'éponge de platine, le gaz de l'éclairage dans le palladium, les gaz ammoniac, chlorhydrique, etc., dans le charbon? » En ce qui concerne l'azote, les expériences et les analyses faites par M. Leclerc l'ont conduit à affirmer « que le phénomène de la condensation n'existe pas » (1). Reste l'occlusion de l'oxygène : mais cette occlusion n'est que le phénomène respiratoire dans toute sa simplicité ; l'oxygène ne se condense pas plus dans la graine qu'il ne se condense dans les poumons du nouveau-né au moment de la naissance. Dès qu'une graine capable de germer a été suffisamment humectée, l'échange gazeux s'établit forcément et l'absorption d'oxygène est bientôt suivie d'un dégagement d'acide carbonique. Comment expliquer ce dernier fait dans la théorie de l'occlusion? Quant au dégagement de chaleur qui se manifeste dans les premiers temps de la germination, c'est encore une conséquence du phénomène respiratoire lui-même et des oxydations qui l'accompagnent, et non celle d'une contraction gazeuse ; en un mot, là où MM. Dehérain et Landrin n'ont vu qu'un phénomène physique, il y a un phénomène physiologique.

Je m'occuperai d'abord de l'influence exercée par la lumière dans le premier temps de la fonction respiratoire, c'est-à-dire sur l'absorption de l'oxygène.

(1) *Op. cit.*, p. 253.

A. — Influence de la lumière sur la quantité d'oxygène absorbé pendant la germination.

Je décrirai successivement les appareils et la méthode employés dans ces recherches, les expériences effectuées et les résultats qui en découlent.

§ 1. — Appareils et méthode.

L'appareil dont j'ai fait usage n'est qu'une modification de celui qui a été employé par MM. A. Mayer et A. de Wolkoff (1), pour l'étude de la respiration des plantes, et que j'ai adopté au but spécial poursuivi dans ce travail.

Deux appareils identiques devant toujours fonctionner simultanément et comparativement dans chaque expérience, il me suffira de donner la description de l'un deux.

Mon appareil se compose d'un tube de verre recourbé en forme d'U renversé dont les branches, de longueur à peu près égale (40 à 50 centimètres), diffèrent sensiblement par leur calibre. La plus large, d'un diamètre de 3 centimètres environ, est destinée à contenir les graines choisies pour l'expérience ; l'autre, beaucoup plus étroite, d'un diamètre de 1 centimètre deux tiers environ, soigneusement graduée en cinquièmes ou en dixièmes de centimètre cube, permet de lire les volumes de gaz absorbés. Il est évident que le diamètre des deux branches peut varier dans des proportions assez étendues sans qu'il en résulte aucun inconvénient ; cependant l'augmentation de diamètre de la branche large ne doit point être porté au delà de certaines limites, à cause de la difficulté de fermeture qui en résulterait ; d'autre part, le tube gradué peut avoir un diamètre inférieur à 1 centimètre, les changements de niveau n'y seront, dans ce cas, que plus sensibles.

Les graines sont placées dans un petit vase de verre ayant à peu près la forme d'un dé à coudre, et d'un diamètre un peu inférieur à celui de la branche la plus large : on le remplit

(1) *Ann. sc. nat.*, 6e série, 1875, t. I, p. 244.

jusqu'aux deux tiers de sa hauteur d'une couche de coton imbibé d'eau distillée, sur laquelle on dispose les graines ; puis on l'introduit dans la branche large, l'appareil étant placé dans la position indiquée sur la fig. n° 1, pl. 2. Au-dessus de ce vase, on dispose un trépied en verre destiné à le soutenir.

Le trépied étant mis en place, on introduit au-dessus de ce support un second godet en verre, à fond arrondi ou plat, contenant une solution concentrée de potasse caustique. On ferme enfin le tube à l'aide d'un bouchon en caoutchouc, de forme légèrement conique, préalablement enduit d'un mélange de cire et d'huile. On a soin de marquer avec un index en papier ou d'un trait au diamant, le point du tube qui correspond au plan de la surface libre du bouchon, afin de pouvoir toujours réintroduire ce dernier à la même profondeur, condition essentielle pour juger avec précision du volume des gaz enfermés dans le tube, et pour effectuer les corrections nécessitées par la température et la pression. Il est facile de s'assurer que la large branche de l'appareil est hermétiquement fermée, soit par la non-ascension du mercure dans la branche graduée, soit en plongeant l'extrémité de la large branche dans un récipient plein de mercure. Il est évident que si la fermeture n'est pas hermétique, la pression atmosphérique entraînera une certaine quantité de ce liquide dans l'appareil. Quant à la branche graduée, on la fait aussi plonger dans le mercure par son extrémité libre. Puis on y introduit, à l'aide d'une pipette à bec recourbé et effilé, une petite quantité de la solution concentrée de potasse. Cette dernière disposition a pour résultat, ainsi que le font observer MM. Mayer et Wolkoff, d'augmenter la vitesse de l'absorption de l'acide carbonique exhalé par les graines, absorption qui aurait été retardée par une plus grande difficulté de diffusion dans la branche étroite. Quant aux déterminations de niveau, les expérimentateurs allemands les effectuaient à l'aide d'un cathétomètre et à la surface libre du mercure. C'est une complication inutile pour mes observations, où la lecture peut être facilement et rigoureusement faite avec une approximation d'un dixième de

centimètre cube, en prenant pour niveau le fond du ménisque concave existant à la surface libre de la solution alcaline placée dans le tube gradué au-dessus du mercure.

Il est facile de comprendre comment, avec cet appareil, on peut mesurer la quantité d'oxygène absorbée par les graines en germination. L'absorption d'oxygène par les semences et l'émission d'acide carbonique, qui est absorbé à son tour par la solution de potasse, tendent à produire une diminution de volume dans l'atmosphère confinée qui remplit les deux tubes. Cette diminution, identique à la quantité d'oxygène consommé, est mesurée par l'ascension de la colonne liquide dans la branche graduée. La comparaison des volumes absorbés dans des temps égaux, sous l'influence de conditions déterminées, donne le rapport existant entre l'activité respiratoire et l'influence de la lumière.

Si nous supposons, en effet, que deux appareils identiques soient disposés l'un près de l'autre, comme dans la fig. n° 1, pl. 2, et que l'un des appareils soit recouvert de nombreuses couches de papier noir, destinées à empêcher l'accès de la lumière sur les graines qui y sont placées, on aura un moyen très simple de déterminer l'influence de la lumière et de l'obscurité sur le phénomène respiratoire, à condition toutefois que les deux appareils soient placés dans des conditions identiques de température, ce qui est facile à réaliser à la lumière diffuse, comme nous l'avons fait dans nos expériences, où les appareils étaient maintenus à l'abri de la radiation solaire directe dans une vaste pièce cubant 400 mètres, et où les variations de température étaient, par conséquent, très marquées. On eût pu, cependant, rechercher l'influence de la lumière directe en plaçant le double appareil dans un vaste aquarium, où l'interposition d'une couche suffisamment épaisse d'eau eût suffi à assurer une complète identité de température à deux lots de graines exposés l'un à la lumière directe, l'autre à l'obscurité.

MM. Mayer et Wolkoff conseillent de graduer directement la branche étroite : il m'a paru préférable d'adapter à l'ap-

pareil, par une soudure, un tube déjà gradué; dans ce cas, il ne faut employer que des verres homogènes et aussi semblables que possible, du cristal par exemple.

Il reste enfin à mesurer la capacité de chacun des appareils, opération que l'on pratique une fois pour toutes au commencement des expériences. Les volumes fournis par le jaugeage doivent toujours être réduits à la température de 0 degré et à la pression de $0^m,760$ de mercure, à l'aide de la formule usuelle. Toutefois, le nombre de ces calculs peut être notablement restreint, si l'on fait usage de deux appareils de capacité rigoureusement égale. Les causes d'erreur inhérentes à la température et à la pression, agissant alors d'une manière identique sur chacun d'eux, le rapport entre les résultats reste toujours comparable à chaque mensuration. Il faut cependant remarquer que la pression notée, dans chaque observation, se compose de plusieurs facteurs, notamment de la pression barométrique, diminuée de la pression du mercure, et de la solution alcaline dans la branche étroite, diminuée aussi de la tension de la vapeur d'eau dont est saturée l'air contenu dans l'appareil pour une température donnée. Il importe, d'autre part, de déduire du volume de l'appareil, celui de l'espace qu'occupent dans son intérieur les corps introduits pour l'expérience. Il suffit, pour cela, de déterminer le volume qu'occupe le vase contenant la solution alcaline, qu'on a soin d'y verser toujours en même quantité. Le volume du godet contenant les graines est facile à connaître. Enfin le volume de la solution alcaline introduite dans la branche graduée est déterminé directement par la graduation. Le jaugeage de l'appareil peut être fait très rapidement, en le disposant comme pour une expérience et en le remplissant d'eau avec une éprouvette graduée. C'est le mode qui m'a semblé le plus prompt et le plus exact.

La capacité plus ou moins grande de l'appareil employé dans les recherches de cet ordre me paraît être une circonstance majeure, dont l'importance n'a pas suffisamment frappé les expérimentateurs. Cette capacité, en effet, doit être telle,

que les semences placées dans l'appareil puissent y respirer pendant tout le temps de l'expérience, sans que la proportion d'oygène de cette atmosphère confinée diminue au point d'entraver à un degré quelconque la marche du phénomène respiratoire et de la germination elle-même. Il est évident, en effet, que si l'on fait germer dans un volume d'air égal, à 100 centimètres cubes par exemple, une quantité de graines telle qu'au bout de deux, trois, quatre jours, en un mot, avant l'entier achèvement du processus, il y ait absorption d'une forte proportion d'oxygène, le milieu se trouvera tellement appauvri en ce dernier élément, que la respiration des semences y deviendra difficile et tout à fait anormale, alors même que l'acide carbonique produit serait absorbé à mesure de son exhalation. Les recherches de M. P. Bert (1) établissent, d'ailleurs, de la manière la plus probante, que, sous des pressions inférieures à celle de l'atmosphère, « la germination se fait avec d'autant moins d'énergie et de rapidité que la pression est plus faible », et que ce résultat dépend, non de la dépression, en tant que condition physique, mais de la moindre tension de l'oxygène de l'air. M. P. Bert a constaté, en effet, que « dans l'air pauvre en oxygène, malgré que la quantité totale en soit bien suffisante, la germination se fait moins vite que dans l'air ordinaire ». Il a vu, d'autre part, que « les graines, semées dans des atmosphères très oxygénées, ont poussé aussi vite que dans l'air à pression normale, malgré la basse pression barométrique à laquelle ils étaient soumis ».

Il est donc nécessaire de fournir suffisamment d'oxygène aux graines en germination, soit en ajoutant directement une certaine quantité de ce gaz pour remplacer celui qui est absorbé, soit en opérant (ce qui me semble de beaucoup préférable et comme je l'ai fait) avec des appareils d'une capacité suffisante pour que les conditions de respiration ne soient point sensiblement altérées, même à la fin de l'expérience. La

(1) P. Bert, *La pression barométrique*, 1878, p. 848.

capacité des quatre appareils que j'ai employés, variait de 280 à 400 centimètres cubes. Le plus petit contenait donc environ 59 centimètres cubes et le plus grand 84 centimètres cubes d'oxygène. Bien que l'air contenu dans l'appareil fût parfois, dans les derniers jours de l'expérience, très appauvri en oxygène, je n'ai cependant pas constaté de différence apparente dans la marche ou la durée de germinations effectuées simultanément dans des appareils dont la capacité variait de $\frac{1}{4}$ environ. Dans quelques cas, où l'oxygène était presque complètement épuisé vers la fin de l'expérience, j'ai vu que l'absorption de ce gaz diminuait graduellement, mais sans que les graines parussent en éprouver aucune altération. Je suis porté à croire que les graines supportaient alors le manque d'oxygène sans inconvénient marqué, grâce à la précaution prise d'absorber, au fur et à mesure de sa production, le gaz acide carbonique exhalé, particularité analogue à celle observée par M. P. Bert (1) chez certains animaux hibernants. Toutefois, si la faible tension de l'oxygène, a, dans quelques expériences, et surtout vers la fin de ces dernières, diminué forcément l'absorption d'oxygène, cette condition défavorable a surtout agi sur les appareils éclairés, dans lesquels l'absorption se faisait avec une rapidité plus grande qu'à l'obscurité; elle n'a donc pu qu'atténuer les différences observées et non les exagérer.

Mais la circonstance relative à la capacité de l'appareil a pour corollaire obligé, l'emploi d'un poids limité de semences : en limitant le chiffre des graines introduites dans l'appareil, non seulement on amoindrit la cause d'erreur précédemment signalée, mais on augmente les chances d'obtenir l'unanimité de germination, ce qui est évidemment très favorable pour établir un résultat précis, sous cette réserve toutefois que le nombre des semences sera suffisant pour produire une absorption facile à constater.

La première observation ne doit pas être faite immédiate-

(1) *Leçons sur la physiologie comparée de la respiration*, p. 507.

ment après que les appareils ont été disposés pour l'expérience. Un intervalle d'au moins trois heures doit toujours séparer ce moment de celui du réglage : car le maniement nécessité par l'installation, le simple voisinage du corps de l'observateur, suffisent à modifier la température des appareils, surtout pendant les temps froids, et l'on observe assez souvent, dans ces conditions, une élévation notable de niveau dans le tube gradué, dès que l'équilibre thermique s'est rétabli et que l'appareil s'est saturé de vapeur d'eau. Aussi la précaution que je signale est-elle plus impérieuse en hiver qu'en été : on en comprend sans peine le motif.

Pour chaque expérience, les observations doivent être prolongées pendant un temps suffisant, au moins jusqu'au moment où apparaissent les signes extérieurs de la germination pour les graines placées dans l'appareil éclairé. Si l'expérience n'était point continuée un peu au delà du terme habituel de la germination des graines observées, il serait impossible de déterminer la part qui revient dans le résultat, soit aux graines germées, soit à celles non germées mais qui auraient levé ultérieurement, soit enfin à celles qui étaient incapables de germer. Dans ce dernier cas, il peut arriver que des graines se putréfient en dégageant de l'azote et de l'acide carbonique, des hydrocarbures, de l'hydrogène libre ou même de l'hydrogène sulfuré, ainsi que je l'ai constaté à plusieurs reprises pour les haricots. Le mieux alors me paraît être de sacrifier l'expérience; c'est ce que j'ai fait, pour ma part, dans tous les cas où cette cause d'erreur s'est produite. Elle se rencontre d'ailleurs moins fréquemment quand on a la précaution de n'employer qu'un très petit nombre de graines, et de ne pas les noyer dans une trop grande quantité d'eau. Je dois ajouter que cette complication est plus facile à éviter quand les expériences ne sont pas prolongées au delà d'une huitaine de jours.

Le hasard m'a justement permis de me rendre compte de l'influence exercée sur mon appareil par des graines qui se décomposent; j'en citerai trois exemples :

Expérience 1. — Deux lots, d'égal poids, composés chacun

de quatre graines de Ricin (variété à grosses graines, dont j'ai abandonné l'emploi après cette expérience) sont disposés, dans des appareils, à l'obscurité et à la lumière, le 2 mars 1880 (1).

	Obscurité V. = 287	Lumière V. = 318	Temp.	Haut.	F.
	cc	cc		mm	
2 mars, midi....	2,8	2	14°5	762	12,3
7 — 8 h. m...	7,5	5	15	769	12,7

A ce moment il y a trois graines germées *à l'obscurité*, et une non germée, mais sans odeur de décomposition; *à la lumière*, les quatre graines sont en pleine décomposition et couvertes de moisissures.

Après avoir effectué les corrections pour ramener les volumes à 0° et à 760 centimètres, on obtient les chiffres suivants pour les volumes de gaz contenus dans les deux appareils, au commencement et à la fin de l'expérience :

Dans le premier appareil	266,81 cc ;	dans le deuxième	296,03 cc
	251,31		279,47
Dont les différences....	15,50	et	16,56

indiquent la diminution de volume produite de chaque côté pendant l'expérience.

Expérience 2. — Deux lots d'égal poids (2gr,90) composés chacun de cinq graines de haricots (var. Coco blanc) pour le deuxième lot (var. Coco noir violet) pour le premier lot, sont placés dans deux appareils éclairés, le 17 avril:

	Lot 1. V. = 400	Lot 2. V. = 338	Temp.	Haut.	F.
	cc	cc			
17 avril, 4 h., s...	2	2	20°	760	17,36
21 — 10 h., m...	7,8	11,2	19°	764	16,35

A ce moment, il n'y a aucune germination dans le premier lot, dont les graines sont en pleine décomposition; dans le deuxième lot, trois graines ont germé, une n'a pas germé, mais

(1) Dans le tableau ci-dessous et dans ceux qui suivront, *Temp.* désigne la température au moment de l'observation, *Haut.* la hauteur barométrique, et F. la force élastique de la vapeur d'eau correspondant à la température.

abandonnée à l'air libre, a émis sa radicule dès le lendemain, enfin une est décomposée.

En ramenant à 0° et à 760, on a :

Pour le 1er lot........	cc 362,9,	et pour le 2me...	cc 306
	332,7		267,57
Dont les différences...	30,2	et	38,43

donnent la mesure de l'élévation de niveau qui s'est produite dans chaque appareil depuis la première jusqu'à la dernière observation.

Expérience 8. — Deux graines de haricot d'Espagne, pesant chacune 1gr,80, l'une noire, l'autre blanche, sont placées dans deux appareils et exposées à la lumière directe, le 5 mai.

	Gr. noire. V.=318	Gr. blanche. V.=287	Temp.	Haut.	F.
	cc	cc			
5 mai, 6 h., s...	3,8	1,8	21°	758	18,5
8 — 6 h., s...	12,2	5,8	19°	750	16,64

La graine blanche a germé et sa radicule, apparue dans la soirée du 7 mai, a déjà un demi-centimètre de longueur au moment où l'expérience est suspendue ; la graine noire est en pleine décomposition, elle laisse échapper par le hile un liquide spumeux et fétide.

En faisant les corrections, on a comme expression des volumes gazeux :

Pour le 1er lot......	cc 283,86	Pour le 2me lot..	cc 257,66
	259,43		240,15
Dont les différences sont.	24,43	et	17,51

La graine décomposée a donc amené une diminution de volume gazeux, égale à 24cc,43, tandis que la graine germée n'a absorbé que 17cc,51 d'oxygène.

La diminution de volume de la masse gazeuse, dans le premier cas, ne peut être attribuée qu'à l'absorption de l'oxygène. En effet, l'acide carbonique produit a été fixé au fur et à mesure de sa production par la solution de potasse. Mais il est certain qu'il y a eu aussi exhalation d'azote, et ce gaz est venu

s'ajouter au volume de l'atmosphère confinée, de telle sorte que la diminution de volume due à l'absorption de l'oxygène a dû être en partie neutralisée par l'exhalation d'azote : il est donc permis d'affirmer que la quantité d'oxygène absorbé a été notablement supérieure au chiffre indiqué par l'appareil.

La conclusion qui ressort de ces faits, c'est que, dans les cas où la décomposition se produit lentement, et dans les limites de temps indiquées par les expériences 1 et 2, les graines élèvent le niveau du mercure d'une manière notablement moindre qu'elles ne le font en germant, et cette différence est probablement due à une moindre absorption d'oxygène plutôt qu'à un dégagement d'azote; ce dernier phénomène n'apparaissait qu'à une période de décomposition plus avancée. Lorsqu'au contraire la putréfaction est rapide, comme dans l'expérience 3, il se produit une absorption d'oxygène beaucoup plus considérable que dans la germination elle-même, bien que cette absorption soit masquée en partie par un dégagement simultané d'azote. On comprend sans peine quel intérêt s'attache à ces observations, quand on est dans l'obligation d'interpréter des expériences dans lesquelles un certain nombre de graines germées se trouvent mêlées à des graines non germées ou parvenues à des degrés divers de décomposition.

Il arrive parfois qu'au moment où l'on met fin à une expérience, une ou plusieurs graines n'ont pas germé, sans présenter toutefois aucun signe de décomposition. Doit-on les considérer comme des corps inertes n'ayant eu aucune action sur le niveau de l'appareil? Pour trancher cette question, il suffit, comme je l'ai fait dans quelques expériences portant sur un nombre très limité de graines, d'abandonner ces semences à l'air libre sur du coton humide et dans des conditions analogues de température. Si la germination se produit dans un délai très inférieur à celui du temps habituellement nécessaire à la production de ce phénomène, on peut affirmer que le processus germinatif avait déjà commencé dans l'appareil, et doit, par conséquent, avoir une part dans le résultat de l'expérience.

Pour en finir avec ces considérations préliminaires, j'insisterai sur la nécessité qu'il y a d'employer toujours un nombre égal de graines représentant un même poids. Quelques recherches entreprises sur ce point m'ont démontré en effet que le chiffre de l'oxygène absorbé n'est point en rapport avec le nombre de semences placées dans une atmosphère limitée, mais avec leur poids total. Pour élucider cette question, j'ai fait d'abord une première expérience portant sur un nombre égal de graines de poids différent.

Expérience 4. — Deux lots composés chacun de 5 graines de Ricin (var. à petite graine) sont placés dans deux appareils dans des conditions identiques de température et d'éclairement : le lot 1 pèse 1gr,27 ; le lot 2, 0gr,94. L'expérience est commencée le 1er avril.

		Lot 1. V. = 287cc	Lot 2. V. = 318cc	Temp.	Haut.	F.
1er avril,	4 h., s...	3,8	3,9	18°	757	15,36
10 —	8 h., m...	17,4	11	16°	757	13,6

Pendant la durée de l'expérience, la marche du développement apparent des semences a été la suivante : dès le 9, toutes les graines du deuxième lot avaient rompu leur enveloppe et leur radicule apparaissait ; au même moment, parmi les graines plus lourdes du premier lot, trois seulement avaient rompu leur spermoderme, mais sans que la radicule fît encore aucune saillie au dehors. Au moment où l'expérience fut terminée, il y avait dans le deuxième lot 3 graines avec des radicules de 1 centimètre de longueur, 1 avec une radicule de 1 centimètre 1/2, enfin chez la dernière la radicule se montrait à peine. Dans le premier lot, les trois graines germées avaient une radicule de 1 centimètre 1/2, et étaient un peu plus développées que la moyenne de leurs congénères du deuxième lot ; mais les deux autres graines ne présentaient encore aucune rupture du spermoderme bien qu'ayant certainement déjà parcouru une partie de leur phase germinative. Pour m'assurer de ce fait, je laissai germer ces deux graines à l'air libre sur du coton humide : la première leva au bout de

trente heures et la seconde au bout de quarante-deux heures. Les 5 graines du premier lot étaient donc à des stades plus ou moins avancés de leur germination, et les deux retardataires avaient ertainement une part dans l'absorption opérée aux dépens de l'oxygène.

En opérant les corrections on a :

	cc		cc
Pour le 1er lot..........	256,44	Pour le 2me..	286,59
	203,51		256,55
Dont les différences sont..	33,93	et	30,4

Le lot des 5 graines les plus pesantes a donc absorbé du 1er au 10 avril 53cc,93 d'oxygène, tandis que celui des graines les plus légères n'en a absorbé dans le même laps de temps que 30cc,04 : la différence en faveur du premier lot est donc de 23cc,89.

En résumé, bien que le développement extérieur fût plus avancé dans le deuxième lot que dans le premier, cependant le phénomène respiratoire a été de $\frac{2}{3}$ plus actif pour les graines lourdes que pour les graines légères, et cet avantage s'est montré continu pendant toute la durée de l'expérience.

Ce résultat indiquait la nécessité de faire une deuxième expérience dans d'autres conditions pour résoudre la question suivante : Étant donnés deux lots composés des mêmes graines en nombre différent, mais de poids total identique, quelle est la marche du phénomène respiratoire ? Tel est l'objet de l'expérience qui suit.

Expérience 5. — Elle a porté également sur des graines de Ricin : les deux lots, d'un poids total de 1gr,6 étaient composés, le premier de 4 graines, le deuxième de 6 ; les appareils ont été exposés à la lumière dans des conditions identiques de température à partir du 8 avril.

		Lot 1. V.=400cc	Lot 2. V.=339cc	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
8 avril,	7 h., s...	1	1	17°,5	754	14,35
17 —	9 h., m...	12,5	14,2	18°	759	15,36

Au point de vue du développement extérieur, il y avait dans

le deuxième lot, dès le 13, trois germinations; une quatrième se produisait le 14, une cinquième le 16 et la dernière le 17. Dans le lot 1, la première germination n'a eu lieu que le 15; deux autres ont suivi le 16, enfin la dernière s'est produite dans la nuit du 16 au 17. Au moment où l'expérience a été arrêtée, j'ai trouvé : dans le lot 1, trois semences avec des radicules de 4 millimètres et la quatrième avec une radicule de 2 millimètres seulement. Dans le lot 2, une graine avait une radicule de 1c,5; pour trois autres, la radicule atteignait 1 centimètre ; chez une, 2 millimètres; enfin la sixième graine venait à peine de rompre son enveloppe. Le développement extérieur des graines du lot 2 était plus avancé que celui des graines du lot 1 ; il n'y a donc rien d'étonnant que cette priorité d'évolution se soit manifestée par une différence très petite dans la quantité d'oxygène absorbé.

En effet, les corrections étant effectuées, on a :

Pour le 1er lot..........p	cc 365,05, 300,67	Pour le 2me..	cc 308,32 244,46
Dont les différences sont..	64,38	et	63,86

Les 4 graines du lot 1 ont donc absorbé 64cc,38 d'oxygène et celles du lot 2, 63cc,86; la différence en faveur du lot 2, soit 0cc,52, est négligeable, surtout en songeant que la marche un peu plus lente du développement germinatif dans le premier lot rend facilement compte de ce léger écart entre les deux chiffres.

En somme, cette expérience nous amène à conclure que, d'une manière approximative, les quantités d'oxygène absorbé par des graines de nature identique mais de poids différent, pendant leur germination sont en rapport direct avec le poids de ces graines, ou en d'autres termes, que les semences respirent non pas proportionnellement au nombre de leurs individualités, mais proportionnellement au poids total de ces individualités, ce qu'il était d'ailleurs facile de prévoir en songeant à la généralité du phénomène respiratoire si bien établie pour les tissus animaux par les recherches de M. P. Bert.

Enfin, dès qu'une expérience est terminée, il faut toujours avoir le soin de noter le développement de chaque lot de graines. C'est là un élément très important d'appréciation pour se rendre compte de la part qui incombe à chaque graine dans l'absorption totale d'oxygène, élément qui a été presque complètement négligé par la plupart des expérimentateurs au grand préjudice de la rigueur des observations et de la valeur des résultats

Les expériences que je vais relater ont eu lieu pour le plus grand nombre à la lumière diffuse où les conditions d'identité de température étaient rigoureusement assurées. Il est à noter en effet que si le pouvoir absorbant avait dû s'exercer avec plus d'intensité d'un côté que de l'autre, c'eût été certainement sur l'appareil recouvert de papier noir. Ces expériences ont donc une importance majeure, et c'est sur leurs résultats que je m'appuierai pour établir mes conclusions.

J'ai fait cependant quelques expériences en plein soleil : il est évident que, dans ces conditions, la température prédominait d'une manière très marquée du côté du tube noir et devait par conséquent amener quelque changement dans la marche du phénomène respiratoire. Ces observations avaient pour but de déterminer incidemment l'action des températures croissantes sur la quantité d'oxygène absorbé par les graines, et de vérifier si la respiration des semences était influencée par la chaleur comme la respiration générale des tissus végétaux.

§ 2. — Expériences à la lumière diffuse.

Cette première série d'expériences a été commencée au mois de décembre 1879 et continuée jusqu'au mois d'avril 1880. Je ne rapporterai ici que les expériences dans lesquelles le nombre des graines non germées n'a pas été trop élevé et qui seules par conséquent peuvent servir de base à une conclusion.

Expérience 1. — Deux lots pesant chacun 1^{gr},70 et com-

posés de 5 graines de Haricots blancs (var. Flageolet) sont disposés dans deux appareils le 27 janvier.

		Obscurité V.=100	Lumière V.=100	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
27 janv.,	7 h., s...	5	5	8°,5	766	8,2
28 —	3 h., s...	5,2	5,8	»	»	»
29 —	3 h., s...	5,3	5,9	»	»	»
30 —	8 h., m...	5,8	6,3	»	»	»
	6 h., s...	5,4	5,8	»	»	»
31 —	8 h., m...	6	6,6	»	»	»
	6 h., s...	5,6	6,2	»	»	»
1er février,	8 h., m...	6,2	6,8	»	»	»
2 —	8 h., m...	6,2	6,6	»	»	»
3 —	8 h., m...	6,5	7,8	12°,2	772	10,5

Au moment où l'expérience est arrêtée, il y a *à l'obscurité*, 3 graines germées et 2 non germées, mais sans odeur de décomposition; *à la lumière*, 4 graines ont levé et 1 n'a pas germé. Mais le développement de la radicule est à peu près égal à celui des semences germées de l'autre lot.

En ramenant les volumes à 0° et à 76c, on a :

	cc		cc
A l'obscurité...........	381,93	A la lumière..	381,93
	369,97		361,94
Dont les différences sont.	11,96	et	19,99

Le lot exposé à la lumière a donc absorbé 8cc,03 en plus que le lot placé à l'obscurité. Mes expériences préliminaires établissant que la diminution de volume produite par des graines qui ne germent pas ou commencent à se décomposer, est moindre que celle que l'on constate dans les conditions physiologiques de germination, il y a tout lieu de penser que la plus forte part de la différence 8cc,04 résulte de l'oxygène absorbé en plus grande proportion par les graines germées du deuxième lot. En supposant même pour un instant que les 11cc,96 disparus dans le premier appareil aient été absorbés exclusivement par les 3 graines germées, on aurait une moyenne de 4 centimètres cubes environ par germination : en portant ce nombre à 4 (égal à celui du deuxième lot), on n'obtiendrait

encore qu'un total de 16 centimètres cubes, chiffre inférieur de 1/5 à celui de l'oxygène absorbé par les graines exposées à la lumière.

Expérience 2. — Deux lots de 6 graines de Ricin (var. à petites graines), pesant chacun 1 gramme, sont placés dans les mêmes appareils.

	Obscurité V.=400	Lumière V.=400	Temp.	Haut.	F.
	cc	cc			
3 février, 5 h., s...	5	5,2	13°,5	772	11,5
5 — 9 h., m...	5,8	6,8	»	»	»
6 — 9 h., m...	5,9	7	»	»	»
7 — 9 h., m...	6	7,2	»	»	»
8 — 9 h., m...	6	7,2	»	»	»
11 — 9 h., m...	6,2	7,5	»	»	»
12 — 9 h., m...	6,8	8,4	»	»	»
14 — 9 h., m...	6,6	8,9	12°,5	765	11,5

Dans les deux lots *toutes les graines* ont germé ; il y a chez toutes, rupture du spermoderme et une très faible saillie de la radicule à peu près égale de part et d'autre.

En faisant les corrections, on a pour les volumes au commencement et à la fin de l'expérience :

A l'obscurité...........	376cc,70	A la lumière..	376cc,32
	364,13		351,78
Dont les différences sont.	12,57	et	24,54

L'unanimité de germination donne à cette expérience une importance capitale : deux lots de graines de même nombre, pesant un même poids, ont absorbé à l'obscurité 12cc,57, à la lumière 24cc,54 pour atteindre un même développement ; le rapport entre l'activité respiratoire pour ces deux conditions a été celui de 1 à 2.

Expérience 3. — Deux lots de 6 graines de Ricin de même poids total, 1gr,15, sont disposés comme précédemment le 15 février.

	Obscurité V.=400	Lumière V.=400	Temp.	Haut.	F.
	cc	cc			
15 février, 10 h., m...	4,4	6	12°,5	765	10,7
15 février, 6 h., s...	4	5,4	»	»	»
16 — 9 h., m...	4,5	5,8	»	»	»

17 février.	8 h.1/2 m.	4,8	5,8	»	»	»
	6 h.1/2 s.,	4,6	5,8	»	»	»
19 —	8 h.1/2 m.	5,8	6,9	»	»	»
19 février.	9 h., m...	6,2	7,6	»	»	»
	2 h., s...	5,4	6,8	»	»	»
20 —	8 h.1/2 m.	6,4	8	»	»	»
	7 h., s...	5,6	7,4	»	»	»
21 —	9 h., m...	6,5	8,7	»	»	»
	2 h., s...	5,6	7,9	»	»	»
22 —	8 h., m...	6,5	9,2	14°,5	760	12,2

A l'obscurité, toutes les graines ont germé et poussé une courte radicule. *A la lumière*, il y a 5 graines germées dans le même état de développement que celles du lot précédent; la seule graine non germée ne paraît pas altérée.

Les corrections effectuées, on a pour l'expression des volumes :

	cc		cc
A l'obscurité...........	375,29	A la lumière..	373,78
	357,79		349,96
Dont les différences sont.	17,50	et	23,82

Bien qu'une graine n'ait pas germé dans le lot exposé à la lumière, cette expérience a une valeur incontestable. La différence considérable entre les volumes de gaz absorbés dans les deux cas, est assez prononcée en faveur de la lumière pour ne laisser aucun doute relativement à l'influence accélératrice exercée par la lumière sur l'activité respiratoire des semences, dans ce cas particulier.

Expérience 4. — Deux lots de 60 graines de *Sinapis alba*, pesant chacun 0gr,55, sont disposés dans l'appareil précédent le 22 février.

		Obscurité V.=400	Lumière V.=400	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
22 février.	11 h., m...	3	4,4	14°,5	760	12,2
	6 h., s...	3,6	5	»	»	»
23 —	7 h., m...	4,6	5,8	»	»	»
	4 h., s...	4,4	5,4	»	»	»
24 —	8 h., m...	5,6	7,1	»	»	»
	6 h.1/2 s..	5,4	7,1	»	»	»
25 —	8 h., m...	6,9	9,2	»	»	»
26 —	8 h.1/2 m.	7,8	11,8	12°,2	765	10,5

A l'obscurité, il y a 22 graines non germées, et sur les 38 graines, 23 ont des radicules de 3 millimètres environ; 15, des radicules de 5 millimètres à 1^{c},5. *A la lumière*, il y a 18 graines non germées; sur les 42 graines germées, les radicules atteignent 1 centim. à 1^{c},5 : le développement de ces semences est donc plus avancé que celui du premier lot.

Les corrections effectuées, on a pour l'expression des volumes :

A l'obscurité..........	cc 370,89	A la lumière..	cc 369,46
	348,65		332,69
Dont les différences sont.	22,24	et	36,77

Bien que d'une valeur moins rigoureuse que celui des deux précédents, à cause du grand nombre de graines non germées à l'obscurité, le résultat de cette expérience semble encore en faveur de la lumière. On pourrait en effet répéter pour cette expérience le raisonnement que nous avons fait pour l'expérience 1.

Expérience 5. — Deux lots, pesant chacun 1^{gr},25 et composés de quatre grains de Maïs, sont mis en expérience le 24 février.

		Obscurité V.=287	Lumière V.=318	Temp.	Haut.	F.
24 février.	midi......	cc 2,1	cc 2,4	15°.	759	12,7
	6 h. 1/2, s.	2,1	2,5	»	»	»
25 —	8 h., m..	3,5	3,7	»	»	»
26 —	8 h.. m...	4	4,4	»	»	»
27 —	8 h., m...	3,7	4,2	»	»	»
28 —	8 h., m...	4,2	4,7	»	»	»
29 —	8 h., m...	5,2	5,8	»	»	»
1er mars..	8 h., m...	5,8	6,7	»	»	»
2 —	8 h., m...	6,2	7,3	12°,5	760	10,6

A l'obscurité, 3 graines ont germé sur 4. *A la lumière*, 2 seulement; les graines non germées ne sont pas décomposées. Le développement apparent des graines germées dans les deux lots est très sensiblement identique.

Le corrections effectuées, on a pour l'expression des volumes :

	cc		cc
A l'obscurité...........	362,78	A la lumière..	293,75
	250,27		275,19
Dont les différences sont.	12,51	et	18,56

Le résultat de cette expérience est analogue à celui de la précédente expérience et prête aux mêmes considérations.

Expérience 6. — Deux lots de 40 graines de *Sinapis alba*, pesant chacun 0gr,38, sont mis en expérience le 26 février.

		Obscurité V. = 400	Lumière V. = 400	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
26 février,	midi.....	4,2	4,2	14°,2	760	12
27 —	8 h., m...	4,8	4,3	»	»	»
	6 h., s...	4,2	4,8	»	»	»
28 —	8 h., m...	5,0	6,2	»	»	»
	7 h., s...	5,6	5,8	»	»	»
29 —	8 h., m...	7,2	8,9	»	»	»
	6 h., s...	6,7	8,7	»	»	»
1er avril..	8 h., m...	8,8	10,2	»	»	»
	6 h., m...	9,2	10,6	»	»	»
2 —	8 h., m...	10	11,1	12°,5	760	10,6

Au moment où l'expérience est arrêtée, le développement extérieur des graines est le suivant. *A l'obscurité*, il y a 36 graines germées, sur lesquelles 35 ont déjà leurs cotylédons étalés; 4 graines seulement n'ont pas germé. *A la lumière*, on constate 35 germinations : 30 graines ont leurs cotylédons étalés et verdissants; 5 ont une radicule de 2 à 5 millimètres; enfin 5 autres n'ont pas germé.

En effectuant les corrections, on a les volumes suivants :

	cc		cc
Pour le 1er lot.........	370,29	Pour le 2me lot.	370,29
	339,18		332,84
Dont les différences sont..	31,11	et	37,45

à la fi de l'expérience.

Ces deux nombres diffèrent eux-mêmes de 6cc,34 en faveur du deuxième appareil, et le nombre des germinations ayant

été à peu près identique dans les deux cas, il est permis de considérer le résultat de cette expérience comme très favorable à l'influence de la lumière.

Expérience 7. — Deux lots, pesant chacun $0^{gr},57$ et composés de 80 graines de *Brassica napus*, sont mis en expérience le 2 mars.

		Obscurité V.=287	Lumière V.=318	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
2 mars..	6 h., s...	3,6	4,9	15°	762	12,7
3 —	8 h., m...	5,2	6,6	»	»	»
	7 h.1/2, s.	4,4	6,2	»	»	»
4 —	8 h., m...	5,2	6,8	»	»	»
5 —	8 h., m...	5,5	6,9	»	»	»
	6 h., s...	4,7	6,1	»	»	»
6 —	8 h.1/2,m.	7,8	9	»	»	»
	7 h., s...	8,4	9,3	»	»	»
7 —	8 h.1/2,m.	9,7	11,5	15°,5	769	13

A l'obscurité, il y a eu 79 germinations et 1 graine non germée, presque l'unanimité. *A la lumière*, 68 graines ont levé et 12 seulement n'ont pas germé. Le développement apparent est à peu près identique pour toutes les graines germées dans les deux lots.

Les corrections effectuées, on a pour expression des volumes gazeux au commencement et à la fin de l'expérience :

A l'obscurité..............	234,84 cc	A la lumière..	232,59 cc
	209,96		201,04
Dont les différences sont :	24,86	et	31,55

Malgré le plus petit nombre de graines germées dans le lot exposé à la lumière, l'absorption d'oxygène y a été cependant bien plus active que dans le lot exposé à l'obscurité, et dans lequel la presque unanimité de germination a été obtenue.

Expérience 8. — Deux lots composés de 5 graines de *Phaseolus multiflorus*, de couleur blanche, pesant chacun $12^{gr},80$, sont disposés dans les appareils à cloche qui seront ultérieurement décrits. L'expérience commence le 16 avril.

		Obscurité V. = 1863cc	Lumière V. = 2008cc	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
16 avril...	7 h., s...	8,6	4,3	17°,5	757	15
17 —	10 h., m...	4	5	»	»	»
18 —	9 h., m...	5,2	6,4	»	»	»
19 —	8 h., m...	6,2	8,8	»	»	»
	7 h., s...	6,4	8,8	»	»	»
20 —	8 h., m...	7,6	11	»	»	»
	5 h., s...	8,2	11,4	20°	760	17,96

A l'obscurité, toutes les graines ont germé : 2 ont une radicule de 6 millimètres ; 1 de 1c,5 ; 1 de 2 millimètres ; enfin, la dernière graine a rompu son spermoderme, mais la radicule fait à peine saillie au dehors. *A la lumière*, il y a 4 germinations sur 5 graines : 1 graine a une radicule de 1c,5 ; 1 de 5 millimètres ; 2 n'offrent qu'une rupture étendue du spermoderme ; quant à la cinquième graine qui ne présente encore aucun signe apparent de germination autre que le gonflement, elle est abandonnée à l'air libre sur du coton humide et germe le lendemain ; elle doit donc entrer en compte dans le résultat.

En somme, le développement apparent des semences était moins accentué à la lumière qu'à l'obscurité. Cependant, les corrections effectuées, on a pour expression des volumes :

A l'obscurité...........	cc 1706,16 1592,40	A la lumière	cc 1838,57 1651,18
Dont les différences sont :	118,76	et	187,39

Les graines exposées à la lumière ont donc, malgré un moindre développement, absorbé 68cc,63 d'oxygène de plus que le lot placé à l'obscurité. L'unanimité de germination donne à cette expérience une valeur considérable.

§ 3. — Expériences à la lumière directe.

Ces expériences, au nombre de quatre, ayant été faites deux à deux et simultanément, je les réunirai de même dans les tableaux suivants :

Expériences 9 et 10. — Les deux couples d'appareils sont

disposés sur une même fenêtre à l'action directe de la radiation solaire. Chacun des appareils contient cinq graines de Ricin (var. à petite graine), de poids égal à celui du lot congénère, soit 1gr,7 et 1gr,11. Les températures indiquées à la colonne T ont toujours été prises à l'ombre.

Date des observations.		Expérience 9. Obscur. V.=400	Expérience 9. Lum. V.=400	Expérience 10. Obscur. V.=287	Expérience 10. Lum. V.=318	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc	cc	cc			
8 mars...	2 h., s...	4,6	5,4	9,3	7	20°	767	17
18 —	9 h., m...	17,1	18,4	22,9	18,8	16°,5	762	14

Au point de vue du développement extérieur, voici le résultat de ces deux expériences. Dans l'expérience 9, il y a eu unanimité de germination dans les deux lots : *A la lumière*, les 5 graines germées présentaient : 2, une radicule de 2 centimètres; 1, une radicule de 2c,5; 1, une radicule de 1c,5; la cinquième, une radicule de 1 centimètre. *A l'obscurité*, sur les 5 graines germées, 4 avaient des radicules de 4 centimètres de longueur; sur la cinquième graine, la radicule faisait à peine issue au dehors.

Pour l'expérience 10, le lot placé *à l'obscurité* avait, dans quatre cas, des radicules de 4 centimètres environ; dans un cas, il y avait seulement rupture du spermoderme dans toute sa longueur et apparition de la radicule. *A la lumière*, une graine avait une radicule de 2c,5; 2 des radicules de 2 centimètres; 1 avait une radicule de 1c,5; la dernière, une radicule de 1 centimètre seulement.

Les corrections effectuées, on a pour l'expérience 9 :

	cc		cc
A l'obscurité............	263,85	A la lumière..	363,11
	295,97		292,58
Dont les différences sont..	67,88	et	60,53

Pour l'expérience 10, on a comme expression des volumes :

	cc		cc
A l'obscurité............	255,29	A la lumière..	285,92
	201,73		235,65
Dont les différences sont..	53,56	et	50,27

Expériences 11 et 12. — Comme dans les expériences 9 et 10, les quatre appareils ont été disposés sur la même fenêtre. Ils contiennent chacun un lot de cinq graines de Ricin (var. à petite graine), de poids rigoureusement égal à celui de leur congénère, soit 1gr,03 et 1gr,07. Afin d'empêcher l'action trop vive des rayons solaires directs sur les tubes noirs, je place devant l'un une planche d'une épaisseur de 1 centimètre qui intercepte complètement l'accès de la lumière directe sur le tube noir de l'expérience 11 ; devant le tube noir de l'expérience 12, je place une grande feuille de carton qui remplit le même office que la planchette, mais d'une manière moins complète, ainsi qu'on le verra. Les tubes éclairés sont seuls exposés à l'action directe du soleil.

Date des observations.		Expérience 11.		Expérience 12.				
		Lum. V.=400	Obscur. V.=400	Lum. V.=318	Obscur. V.=287.	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc	cc	cc			
22 mars...	7 h., s...	8	6,8	8	6,2	17°,5	791	15
1er avril...	7 h., m...	6,8	20,3	19,8	17	17°	757	14,4

La marche du développement extérieur des graines dans les tubes éclairés a été la suivante : Dans la soirée du 24 mars, il y avait rupture du spermoderme dans 2 graines de l'expérience 11 et 1 de l'expérience 12. Le 27, le même phénomène se produisait pour les 3 graines de l'expérience 11, et pour les quatre graines de l'expérience 12.

Au moment où l'expérience a été arrêtée, voici quel était le développement des divers lots :

Pour l'expérience 11, toutes les graines avaient germé à la lumière et à l'obscurité, les radicules avaient une longueur moyenne de 2 centimètres dans les deux lots.

Pour l'expérience 12, les 5 graines placées à la lumière avaient bien germé ; elles avaient des radicules de 1c,5 en moyenne. Dans le lot maintenu à l'obscurité, 4 graines avaient poussé des radicules de 2 centimètres environ ; la dernière n'offrait encore que la rupture du spermoderme, mais la radicule ne faisait pas encore saillie.

Les corrections effectuées, on a pour l'expérience 11 :

A l'obscurité...........	362,64	A la lumière..	cc 366,64
	342,83		285,73
Dont les différences sont...	19,81	et	80,91

Pour l'expérience 12, les volumes obtenus sont :

A la lumière...........	cc 285,76	A l'obscurité.	cc 258,84
	231,45		225,45
Dont les différences sont...	54,31	et	33,39

Des quatre expériences qui précèdent, deux ont donné un avantage égal aux graines exposées à l'obscurité. Cet avantage a été de 7^{cc},35 et de 3^{cc},29, pour les expériences 9 et 10. Dans les expériences 11 et 12, il y a eu, en faveur de la lumière, un avantage considérable de 61^{cc},10 pour le premier cas, de 20^{cc},92 pour le second. Toutes ces différences, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte par les particularités de chaque expérience, dépendent uniquement des différences dans les conditions de température.

Ces expériences n'ont pas la rigueur de celles effectuées à la lumière diffuse, car il était très difficile de se rendre compte, d'une manière précise, de la quantité exacte de chaleur reçue par chaque lot de graines. Il est évident, en effet, que si les appareils avaient été disposés de façon à recevoir la radiation solaire pendant un temps égal, les tubes noirs auraient été forcément avantagés au point de vue de la température, à cause de leur grand pouvoir absorbant. En réalité, la position occupée par chacun des appareils les a par cela même empêchés de recevoir d'une manière égale l'action directe du soleil. Néanmoins les résultats de ces expériences nous indiquent d'une manière très nette le sens général de l'influence exercée par les températures croissantes sur la respiration des graines pendant la germination.

Pour les expériences 9 et 10, la quantité maximum d'oxygène absorbé se rencontre justement dans les tubes noirs, c'est-à-dire dans ceux où la température a forcément prédo-

miné par le fait d'une absorption calorifique plus considérable. Ici l'influence de la lumière a donc été annihilée et vaincue par l'influence de la chaleur.

Afin de rendre ce phénomène plus évident encore, j'ai institué les expériences 11 et 12, dans lesquelles le tube noir se trouvait seul protégé contre l'action directe du soleil par des paravents plus ou moins épais et plus ou moins athermanes; le tube éclairé recevait, au contraire, toutes les radiations. Dans l'expérience 11, où l'interception était à peu près complète et où, par conséquent, la température du tube noir se rapprochait très sensiblement de celle de l'enceinte, il y a eu une différence énorme dans la quantité d'oxygène absorbé par les deux lots, en faveur du lot éclairé. Dans l'expérience 12, où l'écran placé devant le tube noir était formé d'une simple feuille de carton, et moins complet que dans le cas précédent, cette différence a encore atteint un chiffre fort élevé. Je noterai enfin que le tube éclairé de l'expérience 11 occupait le centre de la fenêtre, c'est-à-dire la position la plus avantageuse au point de vue de l'accès prolongé de la radiation solaire.

Le tableau qui suit résume ces diverses expériences avec toutes les particularités qui m'ont paru nécessaires à l'appréciation des résultats.

§ 4. — Conclusions.

1. La loi qui se dégage tout d'abord de l'ensemble de ces expériences, c'est que la lumière exerce une influence accélératrice plus ou moins accentuée mais constante sur l'absorption de l'oxygène par les graines en état de germination. Toutes les expériences faites à la lumière diffuse n'ont pas cependant une égale valeur pour la démonstration de ce fait. Mais si l'on peut mettre en doute la rigueur des résultats fournis par les expériences dans lesquelles la germination n'a pas été unanime (et nous croyons avoir démontré par quelques expériences préparatoires que ces résultats ont au moins une valeur relative), il n'en est pas de même dans les expériences 2 et 8

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES	NOMS des graines en expérience.	Nombre des graines contenues dans chaque lot.	POIDS de chaque lot.	DATES du commencement et de la fin de l'expérience.	TEMPÉRATURE au commencement et à la fin de l'expérience.	VOLUME d'oxygène absorbé par le lot placé à la lumière	VOLUME d'oxygène absorbé par le lot placé à l'obscurité	DIFFÉRENCES en faveur de la lumière.	DIFFÉRENCES en faveur de l'obscurité.	NOMBRE des graines germées à la lumière diffuse.	NOMBRE des graines germées à la lumière directe.	NOMBRE des graines germées à l'obscurité.
			gr.			cc	cc	cc				
1	*Phaseolus vulgaris*....	5	1,70	27 janvier — 3 février.	8°,5 — 12°,2	19,99	11,96	8,03	. . .	4	...	3
2	*Ricinus communis*....	6	1	3 février — 14 février.	13°,5 — 13°,5	24,54	12,57	11,97	. . .	6	...	6
3	Id.	6	1,15	15 février — 22 février.	12°,5 — 14°,5	23,82	17,50	6,32	. . .	5	...	6
4	*Sinapis alba*..........	60	0,55	22 février — 26 février.	14°,5 — 12°,2	36,77	22,24	14,53	. . .	42	...	38
5	*Zea maïs*.......	4	1,25	24 février — 2 mars.	15°,5 — 12°,5	18,56	12,51	6,05	. . .	2	...	3
6	*Sinapis alba*...........	40	0,38	26 février — 1[er] mars.	14°,2 — 12°,2	37,45	31,11	6,34	. . .	35	...	36
7	*Brassica napus*........	80	0,57	2 mars — 7 mars.	15° — 15°,5	31,55	24,86	6,69	. . .	68	...	79
8	*Phaseolus multiflorus*..	5	12,80	16 avril — 20 avril.	17°,5 — 20°	187,39	113,76	73,63	. . .	5	...	5
			gr.			cc	cc					
9	*Ricinus communis*.....	5	1,07	8 mars — 18 mars.	20° — 16°,5	60,53	67,88	. . .	7,35	..	5	5
10	Id.	5	1,11	Id.	Id.	50,27	53,56	. . .	3,29	...	5	5
11	Id.	5	1,03	22 mars — 1[er] avril.	17°,5 — 20°	80,91	19,81	61,10	. . .	...	5	5
12	Id.	5	1,05	Id.	Id.	54,31	33,39	20,92	. . .	...	5	5

où toutes les graines ont germé. Or, l'expérience 2 a donné en faveur de la lumière, un résultat qui s'élève au double de celui de l'oxygène absorbé par le lot placé à l'obscurité ; de même, dans l'expérience 8, cet avantage a atteint le tiers de la quantité d'oxygène absorbé par le lot congénère à l'obscurité. Enfin les autres expériences et en particulier celles rapportées sous les numéros 3, 6, 7 viennent encore confirmer la généralité de cette action de la lumière que nous retrouverons d'ailleurs d'une manière constante dans une deuxième série d'expériences relatées ci-après et dont plusieurs ont donné l'unanimité de germination dans les deux lots.

2. Il existe un rapport entre le degré de l'éclairement et la quantité d'oxygène absorbé. Ainsi, à la lumière diffuse, cette influence accélératrice se manifeste de la manière la plus prononcée quand le ciel est très pur et que la radiation solaire nous parvient avec son maximum d'énergie. Tel a été le cas des expériences 2 et 8. Toutes les fois que le ciel est brumeux, cette action s'atténue de plus en plus et disparaît si le soleil est voilé complètement, comme dans les temps d'orage, et qu'il y a un demi-crépuscule.

Dans toutes les expériences où le résultat final est cependant favorable à l'action de la lumière, je me suis assuré que l'influence d'un ciel nuageux pendant douze heures se faisait toujours sentir sur la marche de l'absorption d'oxygène, de telle sorte que la simple vue des chiffres de cette absorption notée jour par jour, permettrait presque de connaître quel a été l'état de l'atmosphère pendant le jour qui a précédé la détermination. Un exemple très probant de cette action nous est fourni par l'expérience 4 de la seconde série dans laquelle l'état du ciel soigneusement noté avait présenté des changements très accentués.

3. L'influence accélératrice exercée sur les graines éclairées pendant le jour ne s'arrête pas pendant la nuit ; elle continue de se produire à l'obscurité avec une intensité égale, parfois même supérieure. J'en citerai comme exemples les expériences 3, 4, 6, 7, 8, où les déterminations faites deux fois

par jour, le matin et le soir, permettent de se rendre compte du fait que j'avance. Comment expliquer cette action persistante de la lumière? Une seule hypothèse est admissible : une partie de l'énergie lumineuse absorbée par la graine pendant le jour est emmagasinée par elle et dépensée pendant la nuit pour accélérer l'acte respiratoire. La preuve qu'il en est ainsi, c'est que les différences de niveau accusées le matin par les appareils obscurs sont toujours inférieures à celles que présentent les appareils éclairés. L'influence de la lumière se poursuit donc pendant un certain temps, au moins plusieurs heures, alors que cet agent a cessé d'agir; mais d'autre part, cette influence n'est pas immédiate. C'est encore une particularité que nous avons relevée dans nos expériences. Les différences, le ciel étant supposé très clair, ne se manifestent à l'avantage de la lumière qu'au bout de une ou deux journées d'éclairement pour s'accentuer surtout vers la fin de l'expérience, c'est-à-dire à mesure que l'action de la lumière se répète de plus en plus.

4. Il est encore une autre particularité sur laquelle je dois appeler l'attention : les différences entre les quantités d'oxygène absorbé à la lumière et à l'obscurité ont été en général plus considérables au début de ces recherches que dans les expériences ultérieures et particulièrement dans celles de la deuxième série. La température me paraît être le seul élément qui ait varié dans ces expériences; il y aurait donc coïncidence d'une activité respiratoire plus intense exercée par la lumière avec les basses températures, et cette influence s'atténuerait aux températures élevées. Ce fait serait tout à fait conforme aux nécessités physiologiques. On comprend facilement que la chaleur faisant défaut soit remplacée par la lumière qui fournit alors aux réactions respiratoires l'énergie qu'elles ne peuvent trouver dans une température insuffisante. Quand la chaleur est élevée au contraire, l'intervention de la lumière n'a plus de raison d'être, le premier agent suffisant à exciter le protoplasme des semences en germination.

5. Cette action de la lumière semble différer un peu suivant

qu'elle se produit sur les graines à albumen ou sans albumen. Pour les graines albuminées du Ricin il y a eu en général un avantage plus prononcé en faveur du lot exposé à la lumière. Cet avantage m'a paru moindre pour les graines sans albumen, telles que celles de Haricot. Cependant les expériences n'ayant pas été simultanées, certaines différences dans l'état atmosphérique pourraient être invoquées comme cause des variations observées.

6. L'absorption plus considérable d'oxygène par les graines sous l'influence de la lumière, donne l'explication de ce fait que l'*asparagine*, forme de transport des matières albuminoïdes de réserve dans la germination des Légumineuses, ne disparaît que dans les plantes exposées à la lumière et persiste dans celles qui sont élevées à l'obscurité. Les recherches comparatives de M. Pfeffer (1) sur la composition chimique de l'*asparagine* et des matières protéiques, ont montré que l'asparagine est plus pauvre en carbone et en hydrogène et plus riche en oxygène que la *légumine* et les autres matières albuminoïdes. La transformation de la légumine en asparagine est accompagnée de l'absorption d'une certaine quantité d'oxygène ; elle ne s'effectue, d'autre part, que sous l'influence de la lumière : la raison de ce fait c'est que la lumière augmente justement la quantité d'oxygène absorbé ; elle n'intervient donc qu'indirectement dans cette transformation, ainsi qu'on l'avait supposé déjà sans en connaître le motif.

7. Quelques conclusions nouvelles et importantes se dégagent encore de ces expériences et de celles qui suivent. Bien qu'elles ne se rattachent pas directement au sujet même de mon travail, je crois devoir les mentionner brièvement.

La quantité d'oxygène absorbé dans un même temps par une graine qui germe, varie dans des limites très étendues suivant la température : elle augmente avec cette dernière, conformément à ce qui a été établi déjà pour la respiration des plantes à l'obscurité. L'ensemble de mes expériences et en

(1) *Jahrb. für Wiss. Bot.*, 1872, VIII, p. 530.

particulier celles qui portent les numéros 9 et 10 ne peuvent laisser de doute à cet égard. On comprend immédiatement dans quelle erreur sont tombés les expérimentateurs qui ont cité les chiffres de cette absorption d'oxygène pour certaines graines, sans tenir compte des conditions de température. Ces nombres ne sauraient avoir aucune valeur, surtout en présence de cet autre fait que j'ai constaté à plusieurs reprises, à savoir, que la quantité d'oxygène absorbé par une graine n'est nullement en rapport avec son développement apparent, mais subit au contraire des variations considérables, qui dépendent de la somme des énergies extérieures intervenant dans le phénomène. D'après mes observations, cette quantité peut varier du simple au double et même davantage pour deux graines identiques de même poids, mais placées dans des conditions thermiques différentes depuis le commencement de leur germination jusqu'au moment de l'issue de la radicule. A ce point de vue la graine se comporte donc comme un organisme quelconque ; son activité respiratoire s'accélère ou se ralentit, dans des limites cependant physiologiques, comme celle de l'animal sous l'influence de certains changements extérieurs.

B. — Influence de la lumière sur le rapport des quantités d'oxygène absorbé et d'acide carbonique dégagé pendant la germination.

N'ayant envisagé dans les expériences qui précèdent que l'influence de la lumière sur la première partie de l'acte respiratoire, je dois rechercher maintenant si les variations constatées pour l'absorption de l'oxygène dans les conditions d'éclairement ou d'obscurité se produisent aussi pour la quantité d'acide carbonique émis par les semences. Je m'attacherai surtout, comme l'a conseillé M. P. Bert d'une manière générale, « à déterminer les valeurs différentes que ces circonstances donnent au rapport $\frac{CO^2}{O}$ de la quantité d'acide carbo-

nique exhalé à l'oxygène absorbé » (1). Après avoir établi qu'une graine en germant absorbe plus d'oxygène à la lumière qu'à l'obscurité, il faut savoir si le rapport entre l'oxygène et l'acide carbonique est le même dans les deux cas, ou s'il a varié et dans quel sens.

§ 1. — Appareils et méthode.

Je me suis servi, pour résoudre cette question, d'appareils très simples analogues à ceux qui ont été employés par M. Boussingault et plus récemment par M. P. Bert. Celui dont a fait usage le savant physiologiste de la Sorbonne, consiste en « une cloche tubulée reposant sur une plaque de verre rodée qui la ferme hermétiquement. Un thermomètre traverse le bouchon à côté du tube coudé qui par un petit tube de caoutchouc se relie à un autre tube coudé, lequel trempe dans de l'huile. Le niveau de cette huile et les indications du thermomètre permettent d'apprécier exactement les plus petites différences dans le volume de l'air de l'appareil. Quand l'expérience est terminée, on ferme le caoutchouc avec une pince et l'on extravase le gaz sous le mercure. L'acide carbonique est absorbé par une dissolution de potasse, et l'oxygène par l'adjonction à la liqueur alcaline d'une solution concentrée d'acide pyrogallique » (2).

Le double appareil que j'ai adopté et qui est figuré ci-après, diffère par quelques points de celui qui vient d'être décrit, et ces différences sont justifiées par la nature même du problème à résoudre. Les cloches, tout étant disposé pour l'expérience, contiennent l'une 1863 centimètres cubes, l'autre 2008 centimètres cubes en y comprenant le tube annexe jusqu'au zéro de la graduation. Un tube deux fois coudé est luté dans la tubulure avec la cire employée par les constructeurs d'instruments de physique : de ses deux extrémi-

(1) P. Bert, *Leçons sur la physiologie comparée de la respiration*, 1870, p. 499.

(2) *Op. cit.*, p. 42.

tés, l'une fait une légère saillie à l'intérieur de la cloche et l'autre se continue par une portion graduée en cinquièmes ou en dixièmes de centimètre cube. J'ai évité de me servir d'un tube en caoutchouc pour réunir le tube coudé au tube gradué, malgré la difficulté que l'on éprouve à opérer cette soudure sans accident, surtout avec des verres dissemblables. Je crois nécessaire d'agir ainsi toutes les fois que la durée des expériences doit se prolonger; car j'ai constaté de la manière la plus nette que des tubes de caoutchouc, même assez épais et utilisés pour les analyses organiques, n'empêchent plus les échanges gazeux de se produire, si l'expérience est continuée pendant plusieurs jours. Aussi l'emploi des tubes en caoutchouc, admissible pour les expériences de courte durée comme l'ont été en général celles de M. P. Bert, me paraît-il devoir être proscrit pour les recherches analogues à celles qui suivent.

Sur la plaque rodée, on dispose d'abord un vase de verre, cylindrique, à fond plat et à bords peu élevés, contenant une forte couche de coton imbibé d'eau distillée, et sur cette couche, les graines en expérience. Un trépied en verre est placé sur ce premier vase et supporte un récipient contenant 10 centimètres cubes d'une solution titrée de potasse caustique. On place alors la cloche sur le tout, en ayant la précaution de garnir ses bords avec une petite quantité d'un mélange de cire et d'huile destiné à assurer l'imperméabilité. L'extrémité du tube gradué plonge dans un vase contenant du mercure : afin d'empêcher que les vapeurs mercurielles se répandant dans l'appareil n'entravent la germination, on fait pénétrer dans le tube une couche d'un liquide inerte, d'eau pure par exemple ou de glycérine, destinée à séparer le mercure de l'atmosphère confinée dans l'appareil.

Il va de soi qu'une des cloches est recouverte de plusieurs couches de papier noir afin d'y maintenir l'obscurité. Les deux appareils sont placés à la lumière diffuse, l'un près de l'autre comme dans la figure. Un thermomètre suspendu entre eux donne la température moyenne de l'enceinte. La première

détermination, comme dans la précédente série d'expériences, ne doit être faite que quelques heures après l'installation, surtout afin de permettre à l'air de se saturer de vapeur d'eau.

Dès que, la germination commençant, l'exhalation d'acide carbonique se produit, ce gaz est absorbé par la solution potassique, et en même temps la colonne liquide monte dans le tube gradué d'une quantité égale à celle de l'oxygène absorbé. A la fin de l'expérience l'ascension du mercure dans ce tube indiquera donc, toutes corrections faites, la quantité d'oxygène absorbé; quant à la quantité d'acide carbonique exhalé, on la dose dans la solution de potasse. Mais comme les 10 centimètres cubes de solution caustique placés dans l'appareil au début de l'expérience peuvent ne pas conserver leur volume, soit par le fait de l'évaporation d'une faible partie du liquide, soit par l'addition d'un peu de vapeur d'eau condensée, on opère de la manière suivante pour se mettre à l'abri de toute erreur provenant de ces causes.

Après avoir agité le vase contenant la solution caustique, de manière à la rendre bien homogène, on en prend 1 centimètre cube que l'on introduit dans un tube gradué de Bunsen rempli de mercure et renversé sur la cuve à mercure; on y fait réagir une certaine quantité d'acide sulfurique dilué. L'acide carbonique devient libre et déprime d'une quantité correspondante à son volume le niveau du mercure dans le tube. La quantité dont ce dernier est descendu indique, les corrections effectuées, la quantité d'acide carbonique contenu dans 1 centimètre cube de solution caustique.

On prend ensuite un autre centimètre cube de la même liqueur et l'on dose alcalimétriquement la quantité de potasse qu'il contient; puis on pratique le même dosage sur le reste de la solution potassique. Ces deux essais alcalimétriques permettent de savoir rigoureusement à quelle fraction de la quantité totale de potasse correspond 1 centimètre cube de la liqueur. Comme, d'autre part, on détermine la quantité d'acide carbonique contenue dans 1 centimètre cube de la même liqueur, on sait quelle est la quantité totale d'acide carbonique

absorbée dans une expérience. L'analyse a montré que la quantité de potasse contenue dans 1 centimètre cube, était égale à 9 fois la quantité d'alcali contenue dans le reste de la solution ; ce qui prouve que le volume de cette dernière n'a pas sensiblement varié. Pour terminer l'opération, il suffit de multiplier le volume corrigé d'acide carbonique contenu dans 1 centimètre cube de la solution caustique par le rapport des deux dosages alcalimétriques ; on connaît ainsi le chiffre de l'acide carbonique exhalé pendant l'expérience.

Cette manière d'opérer offre des avantages incontestables au point de vue physiologique, bien que sujette à quelques causes d'erreur que je dois signaler. Celles-ci, toutefois, ne peuvent influencer le résultat qu'en l'atténuant, jamais en l'exagérant, car les chiffres trouvés sont toujours un peu inférieurs à la réalité. En effet, une petite quantité d'acide carbonique disparaît forcément, soit par la perte de l'acide libre existant dans la cloche au moment où l'on met fin à l'expérience, soit encore par la dissolution d'une petite quantité de ce gaz par le liquide placé dans le tube gradué au-dessus du mercure. Une petite quantité d'acide carbonique serait encore perdue par le fait d'une diffusion insuffisante dans le tube gradué, si l'on n'avait la précaution, à la fin de l'expérience, de faire rentrer dans ce tube de l'air par petites quantités, jusqu'à ce que le niveau du mercure soit le même à l'intérieur qu'à l'extérieur. Cette manœuvre a pour but de chasser dans la cloche les traces d'acide carbonique qui auraient pu se répandre dans la petite branche.

Enfin, dans le calcul des corrections faites pour ramener à 0 degré les volumes d'acide carbonique exhalé, j'ai substitué à la force élastique de la vapeur saline qui se produit dans le tube de Bunsen, la force élastique de la vapeur d'eau. Or la solution de potasse et d'acide sulfurique qui existe dans le tube après la réaction donne une vapeur de tension un peu inférieure à celle de la vapeur d'eau. L'erreur qui résulte de ce fait est d'ailleurs à peu près insignifiante, bien que je crois devoir la signaler.

§ 2. — Expériences à la lumière diffuse.

Les expériences destinées à déterminer le rapport $\frac{CO^2}{O}$ ont eu lieu à la lumière diffuse, afin d'assurer l'identité de température. Elles ont porté exclusivement sur deux graines de type très opposé et de germination facile : l'une oléagineuse et albuminée, le Ricin, — l'autre féculente et sans albumen, le Haricot. On mettait fin à l'expérience dès que des signes évidents de germination étaient constatés dans la cloche éclairée.

Expérience 1. — Deux lots de graines blanches de *Phaseolus multiflorus*, chacun du nombre de 4 et de même poids, 10gr,10, sont déposés dans l'appareil précédemment décrit.

		Obscurité V. = 1863	Lumière V. = 2008	Temp.	Haut.	F.
27 avril..	6 h., s...	cc 4,2	cc 3	19°	752	16,35
2 mai...	8 h., m...	7,1	9,6	17°	753	14,42

A la lumière, toutes les graines ont germé : 3 ont une radicule variant de 1 à 2 centimètres ; la quatrième n'offre qu'une saillie commençante de la radicule. *A l'obscurité*, 2 graines ont germé et possèdent des radicules variant de 1 à 2c,5 ; les 2 autres n'ont pas germé et présentent un commencement de putréfaction.

Après corrections, les volumes sont :

A l'obscurité...........	cc 1681,83	A la lumière.	cc 1826,90
	1631,06		1664,72
Dont les différences sont..	50,77	et	162,18

indiquent la diminution de volume subie par l'air contenu dans chacun des appareils.

En procédant au dosage de l'acide carbonique et les corrections effectuées on a :

A l'obscurité........ 106cc,78   A la lumière...... 83cc,65

Le résultat obtenu à l'obscurité montre quelle quantité considérable d'acide carbonique est dégagée par les graines de Haricot en décomposition. — Le résultat obtenu à la lumière,

où toutes les graines ont germé a seul un intérêt immédiat pour établir le rapport que nous cherchons.

Expérience 2. — Deux lots de graines de Ricin (var. à petite graine), composés chacun de 10 semences et pesant un poids identique, 1^{gr},93, sont mis en expérience le 2 mai.

		Obscurité V. = 1863	Lumière V. = 2008	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
2 mai..	10 h., m...	3,8	3	17°	753	14,4
6 —	8 h., m...	6,5	5,6	20°	753	17,36

Le temps a été couvert et pluvieux pendant la majeure partie de la durée de cette expérience.

A l'obscurité, toutes les graines ont germé ; *à la lumière*, 9 seulement sur 10. Le développement apparent est identique dans les deux cas.

En effectuant les corrections, on a pour les volumes gazeux :

	cc		cc
A l'obscurité..........	1700,66	A la lumière.	1884,11
	1629,28		1759,81
Dont les différences sont..	71,38	et	74,30

On obtient pour les volumes d'acide carbonique en opérant comme précédemment :

	cc		cc
A l'obscurité.............	41,94	A la lumière...	46,79

Les résultats fournis par les deux lots n'ont pas une égale valeur. Celui obtenu à l'obscurité coïncide avec l'unanimité de germination ; il est évidemment très précis. — Quant au résultat observé à la lumière, il n'a qu'une valeur relative puisque 1 graine sur 10 n'a point germé, ce qui entraîne par conséquent une erreur possible de 1/10 ; elle peut cependant être utilisée, car la graine non germée ne présentait aucun signe apparent de décomposition.

Expérience 3. — Deux lots de graines de Ricin (même variété), composés chacun de 5 graines et ayant un poids identique de 2^{gr},80, sont mis en expérience le 7 mai.

		Obscurité V. = 1863	Lumière V. = 2008	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
7 mai..	6 h.. s...	3,8	4,2	19°	750	16,35
10 —	8 h., m...	9,2	10,4	16°	755	13,6

Au moment où j'arrête l'expérience, toutes les graines ont germé à l'obscurité et à la lumière. Leur développement est à peu de chose près identique.

Les volumes, au commencement et à la fin de l'expérience, sont :

	cc		cc
A l'obscurité...........	1677,91	A la lumière.	1808,41
	1583,52		1687,70
Dont les différences sont..	94,39	et	121,71

expriment les volumes d'oxygène absorbés par chaque lot.

L'analyse donne pour les volumes d'acide carbonique correspondants, après correction.

	cc		cc
A l'obscurité.............	72,79	A la lumière....	70,38

Cette expérience a une importance majeure à cause de l'unanimité de germination obtenue dans les deux lots. Elle nous fournira les éléments les plus importants pour établir le rapport $\frac{CO^2}{O}$ en ce qui concerne les graines albuminées oléagineuses.

Expérience 4. — Deux lots composés chacun de 4 graines blanches de *Phaseolus multiflorus* et d'un poids égal (6 grammes), sont mis en expérience le 13 mai.

		Obscurité V. = 1863	Lumière V. = 2008	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
13 mai..	4 h., s. .	5,5	6,2	19°	759	16,35
16 mai..	9 h., m...	8	9,2	19°	757	16,35

A la lumière, toutes les graines ont germé : 2 ont des radicules de 1^c,5; 1 de 1 centimètre; 1 enfin de 3 millimètres seulement.

A l'obscurité, dans deux cas, la radicule atteint 1 centimètre ; dans un autre, elle n'a que 2 millimètres ; enfin la quatrième graine n'a pas encore rompu son spermoderme, bien que sur le point de germer; elle est abandonnée sur du coton humide et dans l'après-midi elle émet sa radicule.

Ces deux expériences peuvent donc être considérées comme réunissant l'unanimité de germination, bien qu'il y eût cepen-

dant un léger retard dans le développement des graines du premier lot.

En opérant les corrections, on a pour l'expression des volumes :

A l'obscurité...........	cc 1696,64	A la lumière.	cc 1828,59
	1659,28		1775,46
Dont les différences.....	37,36	et	53,13

expriment les quantités d'oxygène absorbé dans les deux lots.

Pour les volumes d'acide carbonique absorbé, on a les résultats suivants :

A l'obscurité........	cc 42,54	A la lumière......	cc 43,72

Malgré la légère différence de développement entre les deux lots, les résultats de cette expérience sont précis à cause de l'unanimité de germination dans les deux cas.

Expérience 5. — Deux lots composés chacun de 5 graines de *Phaseolus multiflorus* (Haricot d'Espagne à graines blanches) et pesant également 12^{gr},70, sont disposés dans les appareils le 20 avril 1880.

		Obscurité V.=1868	Lumière V.=2008	Temp.	Haut.	F.
20 avril.	9 h., s...	cc 4,3	cc 6	20°	763	17,36
26 —	6 h., m...	12	17,4	20°	754	17,36

Au moment où je mets fin à l'expérience, il y a *à l'obscurité* unanimité de germination, les radicules variant de 2 à 3 centimètres de longueur. *A la lumière*, 4 graines ont germé et présentent des radicules de 2 à 2^{c},5 ; 1 graine n'a pas germé et, abandonnée à l'air libre, se décompose bientôt.

Les corrections effectuées, on a pour l'expression des volumes gazeux, au commencement et à la fin de l'expérience :

A l'obscurité...........	cc 1698,96	A la lumière.	cc 1829,76
	1519,31		1518,75
Dont les différences sont.	179,35	et	311,01

représentant le chiffre de l'oxygène absorbé par chaque lot.

Je procède ensuite au dosage de l'acide carbonique contenu dans la solution potassique par la méthode sus-indiquée et j'obtiens les chiffres suivants après avoir effectué les corrections nécessaires :

A l'obscurité....... 185cc,45 A la lumière..... 238cc,63

L'unanimité de germination n'ayant existé que pour le lot exposé à l'obscurité, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ n'est précis que pour cette partie de l'expérience.

Expérience 6. — Deux lots composés chacun de 8 graines de *Phaseolus vulgaris* (var. Coco noir), et pesant également 3gr,80, sont mis en expérience le 16 mai.

		Obscurité V=1863	Lumière V=2008	Temp.	Haut.	F.
16 mai...	7 h. 1/2, s.	5cc,7	7cc,2	22°.5	757	20
21 —	10 h., m...	11,2	17,2	19°	760	16,35

A la fin de l'expérience, il y a *à l'obscurité* 3 graines plus ou moins décomposées et 5 graines germées dont 3 ont des radicules de 2 à 3 centimètres et dont deux ont seulement rompu leur enveloppe. *A la lumière*, il y a deux graines décomposées et 6 graines germées dont 3 avec des radicules de 2 à 3 centimètres et 3 avec rupture du spermoderme.

Après correction, on a pour l'expression des volumes gazeux au commencement et à la fin de l'expérence :

A l'obscurité...........	1663cc,71	A la lumière.	1792cc,26
	1552,51		1576,01
Dont les différences sont..	111,20	et	216,25

exprimant la diminution du volume gazeux dans chacun des deux appareils.

Procédant au dosage de l'acide carbonique, j'obtiens les chiffres suivants :

A l'obscurité.............. 93cc,36 A la lumière. 102cc,04

Je n'ai mentionné cette expérience qu'à titre de document pour montrer quelles quantités considérables de gaz sont ab-

sorbées ou exhalées par les graines en décomposition, et particulièrement quelle influence semblent exercer sur la rapidité de la putréfaction certaines conditions spéciales. Le lot placé à la lumière a absorbé 216cc,25 d'oxygène et exhalé 102cc,04 d'acide carbonique, tandis que le lot abandonné à l'obscurité n'a absorbé que 111cc,20 d'oxygène et exhalé 93cc,36 d'acide carbonique. Cependant les graines décomposées n'étaient qu'au nombre de 2 dans le premier lot, tandis qu'il y en avait 3 dans le second. Il y a lieu de rapprocher ce fait de l'expérience 1 où la présence de 2 graines décomposées à l'obscurité s'est manifestée par une absorption de 50 centimètres cubes d'oxygène et par un dégagement de 106c,78 d'acide carbonique, alors qu'à la lumière où il y avait eu unanimité de germination on constatait une absorption de 162cc,18 d'oxygène et un dégagement de 83cc,65 d'acide carbonique. Il est donc permis d'affirmer, d'après ces deux expériences, que la lumière et l'obscurité exercent l'une et l'autre une influence particulière sur la décomposition des graines amylacées, la première en augmentant l'absorption d'oxygène, la seconde en accélérant l'exhalation d'acide carbonique.

Étant données les perturbations considérables que la présence d'une seule graine décomposée suffit à introduire dans les résultats, on est forcément conduit à rejeter d'une manière absolue toutes les expériences dans lesquelles l'unanimité de germination n'a pas été obtenue. Cette nécessité est encore plus impérieuse dans le cas particulier que pour la précédente série. Aussi ne s'étonnera-t-on pas que je n'aie rapporté ici que cinq expériences, dont deux avec unanimité de germination dans les deux lots et trois avec unanimité dans un lot seulement. Je n'ai pu obtenir de résultats précis que dans ces cinq cas, malgré le grand nombre d'expériences que j'ai tentées. Tous ceux qui ont quelque pratique de ces sortes de recherches savent quelle difficulté il y a à réaliser cette unanimité de germination abandonnée pour ainsi dire au hasard, malgré les précautions les plus minutieuses apportées dans le choix des graines et l'installation des expériences. Toutefois, malgré

leur petit nombre, ces faits me semblent fournir les éléments d'une conclusion rigoureuse, au moins pour les limites de temps et de température dans lesquelles j'ai opéré; car elles sont à l'abri de la cause d'erreur liée à la non-germination ou à la décomposition d'une ou de plusieurs graines, cause d'erreur qui entâche de nullité la presque totalité des résultats mentionnés dans les différents travaux consacrés à ces dosages.

Le tableau qui suit résume les résultats des cinq expériences qui viennent d'être relatées; les chiffres ne coïncidant pas avec l'unanimité de germination ont été considérés comme nuls.

Nos des expériences.	NOMS des graines en expérience.	Nombre des grains.	POIDS du lot.	VOLUME d'oxygène absorbé par le lot placé à		VOLUME d'acide carbonique exhalé par le lot placé à		RAPPORT $\frac{CO^2}{O}$ à	
				la lumière.	l'obscurité.	la lumière.	l'obscurité.	la lumière.	l'obscurité.
			gr.	cc.		cc.		cc.	
1	*Phaseolus multiflorus*........	5	10,10	162,18	Nul.	83,65	Nul.	0,514	Nul.
					cc.		cc.		
2	*Ricinus communis*..........	10	1,93	Nul.	71,38	Nul.	41,91	Nul.	0,586
3	*Ricinus communis*..........	15	2,80	121,71	94,39	70,38	72,79	0,578	0,771
4	*Phaseolus multiflorus*.	4	6	53,13	37,36	43,72	42,51	0,823	1,138
5	*Phaseolus multiflorus*.......	5	12,7	Nul.	179,35	Nul.	185,45	Nul.	1,034

§ 3. -- Conclusions.

Les expériences 3 et 4 ont une valeur rigoureuse pour les solutions du problème agité de cette partie de mon travail; quant aux résultats partiels fournis par les expériences 1, 2, 5, leur précision ne peut être mise en doute : aussi les ferai-je intervenir à titre de documents confirmatifs. Je dois rappeler que les chiffres obtenus pour le dosage de l'acide carbonique sont, par suite de particularités inhérentes à la méthode et déjà mentionnées, un peu plus faibles qu'en réalité. Mais comme cette atténuation presque insignifiante se retrouve dans tous les dosages; il en résulte que ces nombres restent toujours comparables, bien que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ en soit diminué d'une quantité

infiniment petite. Enfin j'ajouterai que les conclusions qui suivent ne peuvent s'appliquer qu'à l'ensemble des conditions au milieu desquelles ont été faites mes expériences.

1. Je noterai d'abord que les expériences 3 et 4 confirment de la manière la plus nette le fait général de l'influence accélératrice exercée par la lumière sur l'absorption de l'oxygène. Mais ces expériences ayant eu lieu par une température moyenne plus élevée, la différence d'oxygène absorbé à la lumière et à l'obscurité est généralement moindre que dans la première série.

2. Quant à la quantité absolue d'acide carbonique, exhalé à la lumière et à l'obscurité, elle a été pour les graines de Ricin un peu plus grande à l'obscurité qu'à la lumière; le fait inverse s'est produit pour les graines de Haricot d'Espagne. D'où l'on pourrait conclure que l'influence de la lumière se traduit sur la germination du Ricin par des effets doublement favorables, en augmentant l'absorption d'oxygène et en diminuant l'exhalation d'acide carbonique, en accroissant le gain en oxygène, en réduisant la dépense en carbone et en oxygène. (On ne doit point en effet oublier dans cette exposition que l'acide carbonique contient son volume d'oxygène.) A ce point de vue spécial, le Haricot semble moins favorisé que le Ricin, bien que l'excès de la quantité d'acide carbonique exhalé par le lot placé à la lumière comparativement à son congénère maintenu à l'obscurité, soit presque insignifiant.

3. A l'obscurité, le rapport $\frac{CO^2}{O}$, fixé d'après quatre résultats répartis en nombre égal entre les graines de Ricin et celles de Haricot, a été, pour cette dernière graine, supérieur d'au moins un tiers à celui constaté pour le Ricin. La durée de l'expérience me paraît avoir eu une certaine influence sur le chiffre de ce rapport. Ainsi pour le Ricin, il atteint 0,586 pour l'expérience 2, dont la durée a été de quatre jours environ et 0,771 pour l'expérience 3 qui n'a été suspendue qu'après cinq jours. De même pour le Haricot, ce rapport est de 1,138 pour l'expérience 4 terminée le quatrième jour, et 1,034 pour l'ex-

périence 5 prolongée jusqu'au sixième jour. En résumé, la prolongation de l'expérience tend à rendre la relation $\frac{CO^2}{O}$ égale à l'unité. Avec la durée de l'expérience, cette relation s'élève dans le cas où elle est inférieure à 1, elle diminue au contraire si elle lui est supérieure, jusqu'au moment de la période végétative proprement dite, pendant laquelle peut être atteint ce rapport limite pour lequel les quantités d'oxygène absorbé et d'acide carbonique dégagé s'équilibrent complètement.

4. A la lumière, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ a été, pour le Haricot, supérieur d'un tiers environ à ce même rapport pour le Ricin. Mais le chiffre obtenu pour sa valeur dans l'expérience 2 est très inférieur à celui constaté dans l'expérience 5. La raison de cette différence me semble résider encore dans la durée de cette expérience et sa prolongation jusqu'à l'approche de la phase végétative. Cette hypothèse est justifiée par le détail des expériences 1 et 4 dont la première a duré six jours et la seconde moins de quatre jours.

5. En comparant le rapport $\frac{CO^2}{O}$ dans une même expérience à la lumière et à l'obscurité, on voit qu'il y a toujours une différence d'un quart dans la valeur de ce rapport en faveur de l'obscurité ou, en d'autres termes, que pour une même quantité d'oxygène absorbé la graine placée à l'obscurité exhale plus d'acide carbonique que celle maintenue à la lumière; parfois même, comme nous l'avons fait observer pour l'expérience 3, la quantité absolue d'acide carbonique exhalée à la lumière est inférieure à celle exhalée à l'obscurité. Enfin, tandis qu'à la lumière, l'acide carbonique dégagé est toujours en quantité notablement moindre que l'oxygène absorbé, le contraire se produit à l'obscurité où le chiffre de l'acide carbonique peut même dépasser celui de l'oxygène comme on le constate dans l'expérience 4, pour laquelle l'absorption de 37 ,36 d'oxygène correspond à une exhalation de 42^{cc},54 d'acide carbonique.

6. Au point de vue de l'influence exercée sur le rapport $\frac{CO^2}{O}$ par la nature même de la graine et pour les conditions de

lumière et d'obscurité, il suffit de se reporter aux développements qui précèdent pour constater les différences assez nettes qui séparent la graine albuminée et huileuse du Ricin de la semence non albuminée et féculente du Haricot.

7. Les faits qui précèdent complètent l'explication déjà indiquée de la transformation de la *légumine* en *asparagine* sous l'influence de la lumière. En effet, l'absorption d'une plus grande quantité d'oxygène par la graine exposée à la lumière, ne peut assurer la formation de l'*asparagine* qu'autant que le chiffre de l'acide carbonique exhalé est inférieur à cette quantité, puisque l'*asparagine* est moins riche en carbone et plus riche en oxygène que la *légumine* : on trouve toutes les conditions favorables pour cette formation réalisées dans les résultats de l'expérience 4 pour le lot exposé à la lumière. Il est très probable qu'une fraction de l'oxygène disparu qu'on ne retrouve pas à l'état d'acide carbonique a été fixée par des principes albuminoïdes au moment où ils forment de l'*asparagine*, et l'on sait, d'autre part, que cette matière semble se former dans la plupart des graines en germination.

Cette fixation de l'oxygène pendant le phénomène germinatif est plus considérable encore pour la graine de Ricin que pour celle de Haricot. La graine huileuse semble donc mieux douée par la nature au point de vue physiologique.

8. On pourrait être tenté de comparer le rapport $\frac{CO^2}{O}$ obtenu dans la germination avec ce même rapport pendant la végétation. Mais ce chiffre pour la période végétative, n'a été établi d'une manière précise qu'à l'obscurité, condition tout à fait anormale pour la vie des plantes vertes. Comme, d'autre part, il est impossible de doser avec rigueur la quantité d'oxygène absorbé et d'acide carbonique dégagé par une plante placée à la lumière et dans des conditions physiologiques, on comprendra que nous nous abstenions de tout parallèle, jusqu'au moment où l'on possédera les éléments nécessaires pour l'établir.

9. L'ensemble des faits qui précèdent me conduit à penser que les graines des plantes sauvages qui germent à la lumière

sont, toutes les autres circonstances égales d'ailleurs, mieux partagées que les semences des plantes cultivées; qu'elles possèdent une plus grande activité germinative, avantage qui augmente leurs chances de développement ultérieur.

CHAPITRE III

RÔLE DE LA COLORATION DES GRAINES DANS LA GERMINATION

Les recherches qui précèdent n'ont eu pour but que de déterminer l'influence de la lumière sur les échanges respiratoires pendant la germination; elles nous ont conduit à affirmer que, d'une manière générale, la lumière accélère la respiration du protoplasme séminal. Mais le problème est plus complexe encore, et des distinctions doivent être établies afin de pénétrer plus avant dans l'intimité du phénomène.

Il est vraisemblable que le protoplasme contenu dans les diverses graines doit se comporter, sous l'influence d'un même agent, d'une manière analogue, puisque cette substance fondamentale, cette base physique de la vie, comme l'appelle Huxley, est, à peu de chose près, toujours semblable à elle-même. Mais dans la semence, le protoplasme n'est jamais exposé à l'influence directe de la lumière comme celui des tissus verts; il est entouré d'une enveloppe extérieure, le spermoderme, presque complètement opaque et dans laquelle se rencontrent des pigments variés donnant aux graines leurs diverses colorations. Il en résulte que, dans les conditions naturelles, la lumière ne frappe jamais directement la partie vraiment vivante de la graine, et que le protoplasme n'est influencé que d'une manière indirecte, tant que le spermoderme n'est pas rompu. Si dans quelques cas les radiations solaires peuvent traverser cette enveloppe et atteindre l'embryon lui-même, ce n'est qu'après avoir été tamisées par l'écran pigmentaire. Il est vrai que dès l'apparition de la radicule les conditions d'influence de la lumière se trouveront modifiées : cet agent continuera d'agir indirectement sur la graine elle-

même comme auparavant, mais exercera une action directe sur les organes embryonnaires déjà apparents au dehors.

A. — ÉTUDE PHYSICO-CHIMIQUE DES COLORATIONS TÉGUMENTAIRES DES GRAINES.

L'existence constante de colorations variées dans les enveloppes des graines rend inutiles les recherches qui pourraient être faites en vue de déterminer l'action de tel ou tel élément du spectre sur la respiration des semences normales en voie de germination. Pour que cette étude fût possible, il faudrait que la radiation pût agir directement sur le protoplasme séminal mis à nu : dans ce cas seulement, les résultats obtenus seraient comparables. Il est présumable que cette expérience pourra être réalisée avec succès sur des graines dépouillées de leur spermoderme. Mais dans les conditions physiologiques auxquelles je limite cette étude, les radiations solaires ne peuvent agir sur l'embryon qu'à la condition d'être absorbées, et cette absorption est elle-même liée à la nature de la coloration tégumentaire de la graine. En faisant agir successivement sur le spermoderme chacune des couleurs du spectre, on obtiendrait le résultat suivant : ou la couleur employée serait absorbée par le tégument et agirait, ou bien, réfléchie ou diffusée, resterait sans action.

Dans ces conditions particulières, la méthode générale, seule capable de nous conduire à la solution du problème, consistera dans l'étude des caractères physico-chimiques et en particulier, des spectres d'absorption des solutions de ces divers pigments. On saura ainsi quels sont les rayons absorbés par chacun d'eux et, par conséquent, quels sont ceux qui ont une action sur la respiration des semences. Ce point préliminaire une fois élucidé, des expériences directes permettront de vérifier si les résultats de cette première recherche et les prévisions théoriques qui en découlent coïncident avec les faits expérimentaux.

Les couleurs des graines reconnaissent deux causes : une

cause générale émanée de l'énergie universelle et qui n'est autre que la lumière elle-même, et une cause prochaine anatomique, qui réside dans le mode particulier de pigmentation inhérent à chacune d'elles. Nous les étudierons successivement.

Au point de vue optique, les couleurs des graines, comme celles de tout objet coloré, ne sont pour nous que la manifestation subjective de l'action spéciale exercée par la lumière blanche sur les pigments du spermoderme et des degrés divers d'absorption dont cette enveloppe est douée à l'égard des rayons élémentaires du spectre solaire. En d'autres termes, les semences reçoivent, avec la lumière blanche, la somme de toutes les couleurs possibles, et leur action, comme ce le des corps naturels, se borne à filtrer cet ensemble de rayons, à s'approprier certains d'entre eux et à rejeter les autres.

Quand la lumière blanche tombe sur une graine, elle se divise en deux parties : l'une est réfléchie par la surface du spermoderme, surtout quand ce dernier est lisse et brillant, elle est de même couleur que la lumière incidente ; l'autre pénètre dans la couche épispermique, et c'est du traitement qu'elle y subit que dépend la couleur de la graine. En analysant l'action des pigments sur la lumière, comme l'ont fait plusieurs physiciens de notre époque, on voit que ces pigments sont composés de particules mélangées à un véhicule : ces particules séparées par des espaces infiniment petits ne sont pas optiquement continues, suivant l'expression de Tyndall. Or, « partout où la continuité optique est rompue, il y a réflexion de la lumière incidente. C'est la multitude des réflexions par les surfaces limites des particules qui empêche la lumière de passer à travers le verre ou le sel de roche, quand ces substances transparentes sont réduites en poudre. La lumière ici est épuisée par une multitude d'échos et éteinte par une véritable absorption.... Ces particules prises séparément sont transparentes, mais elles sont pratiquement opaques quand elles sont mêlées ensemble. Dans le cas des pigments donc, la lumière est réfléchie par les surfaces limites des particules.

La réflexion est nécessaire pour renvoyer la lumière à l'œil; l'absorption est nécessaire pour donner au corps sa couleur » (1). Tel est aussi le mécanisme optique de la coloration des fleurs.

Examinons maintenant quel rapport existe entre la couleur des graines et leur capacité d'absorption pour la chaleur. Les expériences de Franklin, confirmées par celles de Melloni et de MM. Masson et Courtépée, ont conduit les physiciens à admettre que les couleurs les plus foncées sont douées du pouvoir absorbant le plus considérable, et que les couleurs les plus claires ne possèdent cette propriété qu'au degré le plus faible. Bien que Tyndall ait démontré que le pouvoir absorbant calorifique est lié à la nature chimique des corps bien plus qu'à leurs conditions physiques, cependant la loi générale posée par Franklin n'en reste pas moins applicable quand il s'agit de corps analogues par leur structure intime et leur composition chimique : tel est le cas des enveloppes de la graine. D'après la théorie, les graines à spermoderme noir et mat devraient, comme le noir de fumée, absorber indistinctement toutes les radiations, quelle que soit la durée de leur période de vibration, quel que soit le rang qu'elles occupent dans le spectre, et les transformer en chaleur statique; de même, les graines blanches devraient réfléchir toutes les couleurs élémentaires sans exception; de même aussi, les graines douées d'autres colorations devraient absorber les rayons complémentaires de la couleur qu'ils présentent. Mais en réalité il n'en est pas ainsi, et les couleurs naturelles ne sont jamais pures, comme l'a démontré M. Helmholtz : par exemple, une poudre bleue ou jaune donne non seulement passage au bleu ou au jaune, mais aussi à une portion du vert adjacent. L'étude des spectres d'absorption des principaux pigments des semences de Légumineuses me permettra de confirmer cette observation de l'illustre physicien.

Quoi qu'il en soit d'ailleurs, on peut affirmer d'avance que

(1) Tyndall, *La lumière*, trad. Moigno, p. 36.

la coloration constitue pour la graine un état physique particulier qui la place dans des conditions plus ou moins favorables pour emmagasiner la force vive du soleil; il me paraît donc évident *à priori*, ainsi que je l'ai avancé au début de ce travail, que les diverses couleurs des graines, chez les Phanérogames, ne doivent pas être indifférentes à la physiologie de la germination, et il y a lieu de s'étonner que leur étude n'ait jamais attiré l'attention des botanistes. C'est ainsi que, dans un article très récent sur les colorations des végétaux, l'auteur n'a même pas fait mention de la coloration des semences. M. de Lanessan, parfois un peu prodigue envers autrui de critiques plus ou moins fondées, nous permettra certainement de lui signaler cette lacune regrettable. On devine cependant quel intérêt spécial offre cette question, étant donnée la situation des graines au milieu du verticille central, mieux protégées, par conséquent, qu'aucun autre organe végétal coloré contre l'action de la lumière. Cette particularité avait frappé Senebier : « Les graines, dit-il, sont presque les seules parties des plantes colorées de vives nuances à l'abri de la lumière; » il ajoute : « elles ont même des couleurs qu'on ne voit pas dans les fleurs; les plus communes dans celles-ci sont les plus rares dans les graines (1) », et il cite plusieurs faits à l'appui de cette opinion qui est d'ailleurs parfaitement justifiée.

En ce qui concerne l'anatomie des enveloppes séminales envisagées au point de vue qui nous occupe, je ne mentionnerai que les recherches de M. Poisson sur le siège des matières colorées dans les graines et sur les causes des colorations tégumentaires. Ce botaniste a suivi le développement des divers éléments de la graine et acquis la certitude « que la coloration tégumentaire, loin d'être toujours due aux mêmes causes, est tantôt produite par un épaississement de la membrane des cellules, tantôt par une modification de celles-ci; ou bien encore par un dépôt de matières colorantes dans leur intérieur » (2).

(1) *Phys. vég.*, t. II, p. 155.

(2) *Bull. Soc. bot.*, 1877, session de Corse, p. 12, et *passim* dans les numéros suivants.

Mes recherches personnelles ont porté sur les colorations tégumentaires des graines dans les diverses variétés de *Phaseolus vulgaris*, où se trouve réalisée presque toute la gamme des couleurs, excepté le bleu. J'ai choisi les types à couleur uniforme et bien tranchée, tels que le noir, le blanc, le violet, le rouge, le jaune chamois, le jaune nankin, le jaune verdâtre; enfin j'ai étudié comparativement des graines de même espèce en voie de développement et encore vertes.

Examinés au microscope sur une coupe perpendiculaire à leur surface, les téguments de ces diverses graines offrent, à l'état sec, une disposition histologique constante et uniforme. La couche la plus superficielle est constituée par un plan de cellules lagéniformes dont le fond évasé, reposant sur une seconde assise de cellules aplaties, contient toujours, sauf pour les graines blanches, un pigment granuleux de coloration foncée, très réfringent, soluble dans l'eau, insoluble dans l'éther, mais très soluble dans l'alcool, non toutefois d'une manière complète. Sur les graines sèches macérées dans l'eau pendant vingt-quatre heures, les granulations pigmentaires baignent dans un liquide coloré par une certaine quantité de pigment dissous. J'avais pensé d'abord qu'il en était de même sur les semences à l'état frais; mais des observations répétées m'ont démontré que ce pigment, au moins pour les graines noires ou violettes de diverses nuances, est liquide et non granuleux. Quant aux réactions obtenues sous le microscope par l'emploi des divers réactifs acides ou alcalins, elles sont identiques à celles qu'offrent les teintures de ces pigments et qui sont rapportées plus loin avec détail.

Seules, les graines blanches sont dépourvues de pigment comme les pétales de même couleur. Dans ce cas, les cellules lagéniformes contiennent de l'air, ainsi qu'il est aisé de le démontrer par l'addition d'une goutte d'alcool qui envahit immédiatement la cavité des cellules, en chasse l'air sous forme de bulle et donne à la préparation une transparence complète. Les téguments des graines blanches n'offrent d'ailleurs que des caractères négatifs sous l'influence des réactifs acides ou

alcalins. Je dois dire incidemment que M. Van Tieghem (1) avait déjà reconnu la présence de l'air confiné dans les diverses parties de la graine et en particulier dans l'épaisseur du tégument, mais sans signaler, à ma connaissance du moins, la corrélation existant entre la présence de l'air dans les cellules du spermoderme et la couleur blanche des graines. Cette dernière particularité était de nature à faire supposer que les graines blanches devaient contenir plus d'air que les graines noires par exemple. En faisant passer successivement dans le vide barométrique deux lots égaux en poids, composés chacun de 15 graines de *Phaseolus vulgaris*, les unes noires, les autres blanches, j'ai constaté un dégagement de 1^{cc},6 d'air dans chaque expérience. Cette identité de résultat permet de supposer que dans les graines noires, la quantité d'air contenue dans les parties charnues de l'embryon est plus considérable que pour les graines blanches où l'air prédomine, au contraire, dans les parties tégumentaires.

Au point de vue chimique, j'ai étudié particulièrement les pigments des haricots noirs, violets et jaunes, quelques expériences préliminaires m'ayant démontré que les teintures alcooliques préparées avec des graines de diverses couleurs, depuis le violet jusqu'au rouge le plus atténué, offraient les mêmes caractères généraux, et que, de même, les extraits alcooliques de tous les pigments jaunes, depuis le jaune nankin très faible jusqu'au jaune vert ou au jaune chamois, offraient une similitude complète de caractères chimiques.

Les *téguments des haricots noirs* donnent, après une macération de 24 heures dans l'alcool, une solution rouge vineuse qui fournit à l'examen spectral deux bandes d'absorption faibles, l'une entre 100 et 105, l'autre entre 118 et 123 (spectroscope de Duboscq, la division 100 répond à la raie D). Cette solution additionnée d'alcool offre les mêmes caractères spectroscopiques, mais plus nettement accentués.

La liqueur primitive acidulée avec une ou deux gouttes

(1) *Ann. sc. nat.*, 1875, t. I.

d'acide chlorhydrique prend une magnifique coloration carmin violet rappelant celle de la fuschine ; elle donne alors au spectroscope une absorption complète du côté du violet avec empiétement jusqu'à 95. Si la solution ainsi traitée est étendue d'alcool d'une manière progressive, l'absorption se limite successivement entre 98 et 145, 100 et 135, 103 et 128; enfin avec une nouvelle addition d'alcool, le spectre réapparaît complètement, excepté entre 105 et 118 où il existe une bande d'absorption assez marquée mais peu limitée sur les bords.

La solution primitive prend instantanément par l'action d'une ou deux gouttes d'ammoniaque une coloration verte analogue à celle de la bile ou des sels de nickel, et offre alors au spectroscope une bande d'absorption située dans le rouge entre 80 et 90. Cette liqueur alcaline traitée par l'acide chlorhydrique reprend sa coloration rouge fuschine et revient au vert jaune par une nouvelle addition d'ammoniaque. A ce dernier état, la liqueur absorbe le spectre tout entier, excepté le rouge. Cette teinture pigmentaire est douée à l'égard des acides et des bases d'une sensibilité au moins égale à celle du tournesol et pourrait lui être substituée sans désavantage.

Le *spermoderme des haricots violets* fournit une solution alcoolique légèrement rosée dont les caractères physico-chimiques sont très analogues à ceux de la liqueur préparée avec les haricots noirs. Son spectre d'absorption est semblable à celui de ce dernier pigment, mais n'est complet qu'à partir de 120.

L'acide chlorhydrique donne à cette solution une coloration rouge de fuchsine accompagnée d'une absorption complète à partir de 105. Par l'ammoniaque seule, puis additionnée d'acide chlorhydrique, les réactions sont identiques à celles citées précédemment.

Ces caractères démontrent que le pigment violet est identique au pigment noir, dont il ne diffère que par la quantité de matière colorante : il en est de même de toutes les autres variétés, depuis le violet tendre jusqu'au violet le plus intense.

Le *pigment des graines jaunes* se dissout dans l'alcool en lui

communiquant une couleur jaune paille : ce liquide absorbe faiblement le spectre depuis 130 jusqu'au violet, mais sans bandes nettes; il se décolore légèrement sous l'influence de l'acide chlorhydrique et n'offre plus alors aucun caractère au spectroscope.

Si la liqueur préalablement traitée par l'acide chlorhydrique est additionnée de quelques gouttes d'ammoniaque, sa couleur s'avive et le spectroscope décèle une forte absorption du côté du violet depuis 125, mais sans bandes distinctes. Traitée immédiatement par l'ammoniaque, la liqueur prend une coloration plus accentuée, analogue à celle de la teinture alcoolique primitive; mais les caractères spectroscopiques ne diffèrent pas des précédents.

Chose singulière! les caractères qui ont été décrits comme particuliers à la xanthine sont loin d'être identiques à ceux que nous offre le pigment jaune des haricots. S'il y a analogie dans l'action de l'alcool et de l'éther, il n'existe aucune ressemblance en ce qui concerne l'action des acides et des bases. Ce pigment jaune n'aurait donc pas la même origine que la xanthine?

Les teintures alcooliques de haricots noirs ou jaunes abandonnées à elles-mêmes pendant trois mois dans un flacon bouché, rempli au tiers et exposé à la lumière, n'ont pas changé de couleur, comme le font la plupart des matières colorantes végétales.

Au bout de cinq mois, la teinture de pigment noir s'est décolorée en partie et a pris une teinte jaune rougeâtre. A cet état, elle ne donnait plus aucune absorption au spectroscope. Cependant les réactions par l'acide chlorhydrique et par l'ammoniaque étaient identiques à celles constatées au début; les spectres d'absorption n'avaient éprouvé aucune modification.

Au bout du même temps, la solution alcoolique de pigment jaune n'a pas changé de couleur. Toutes ses réactions et tous ses caractères optiques persistent sans la plus légère modification.

Enfin, les téguments des graines noires et jaunes traités par l'éther ont laissé déposer, au bout de quelque temps, une

matière brun noirâtre dans le premier cas, brun jaunâtre dans le second, qui s'est précipitée en gouttelettes d'apparence huileuse. Il est à noter que la même particularité a été mentionnée tout récemment par M. Flahault (1) dans la réaction de l'éther sur la xanthine, et ce botaniste semble porté à voir dans cette matière une substance grasse. En ce qui concerne le composé fourni par les téguments des *Phaseolus*, je crois pouvoir affirmer qu'il ne s'agit pas d'un corps gras, bien que je n'en aie point fait l'analyse organique. Si en effet on laisse évaporer lentement à l'air libre et sans chauffer, le liquide éthéré où s'est précipitée cette substance, on obtient un résidu solide de teinte plus ou moins foncée suivant les graines dont il a été extrait. Ce résidu ne tache pas le papier et présente la consistance, l'odeur aromatique et les caractères extérieurs des substances résineuses.

L'ensemble de ces particularités permet de penser que ces matières colorantes, et surtout celles des haricots jaunes, sont portées au terme extrême de l'oxydation. Il existe, d'autre part, une profonde dissemblance entre leurs propriétés physico-chimiques et celles de la chlorophylle. Enfin, la persistance de leurs caractères optiques et chimiques après un long séjour à la lumière en présence de l'air, contraste singulièrement avec la facile altération de la matière verte dans les mêmes conditions. Il paraît donc impossible, au point de vue physico-chimique, d'établir entre ces divers pigments et la chlorophylle un lien quelconque basé sur l'ensemble des caractères, ou du moins la matière verte a été si profondément modifiée par une série de transformations qui nous échappent, que nous ne pouvons préjuger aucune filiation entre ces diverses substances.

Cependant l'examen du spermoderme des graines de *Phaseolus vulgaris*, de *Vicia Faba*, de *Pisum sativum*, en voie de développement, m'a permis de constater que les cellules lagéniformes étaient, dans le jeune âge, remplies d'un liquide contenant de très nombreux grains de chlorophylle. Il ne faut point

(1) *Ann. sc. nat.*, 6e série, t. IX, p. 163.

évidemment se hâter de conclure de cette coïncidence de siège à une phase différente de la vie, à une identité d'origine entre ces pigments et la chlorophylle elle-même. Cependant ce fait serait favorable à l'idée qu'il existe peut-être entre les corpuscules verts et les granulations pigmentaires qui prennent leur place à l'état adulte, un lien organogénique qui nous est encore inconnu. Malgré les recherches que j'ai faites pour éclaircir ce point intéressant, je n'ai jamais constaté la présence simultanée du pigment et de la chlorophylle dans la même cellule lagéniforme. Toutes les fois que le pigment y existait, même en faible quantité, la chlorophylle faisait défaut et réciproquement.

J'ai tenté de rattacher chimiquement la coloration des graines de *Phaseolus* à celles de la corolle de quelques espèces, et examiné comparativement à ce point de vue, les matières colorantes des pétales de coquelicot et de mauve. Ces dernières, contrairement à ce qu'on observe pour celles des graines de *Phaseolus*, sont à peine solubles dans l'alcool, mais très solubles dans l'eau.

La solution alcoolique obtenue avec les pétales de mauve présente au spectroscope la raie caractéristique de la chlorophylle. Quant à la solution aqueuse, elle donne une large bande d'absorption de 90 à 150, bande qui est complètement noire de 100 à 140. Par des additions d'eau successives à cette solution, on voit la bande se rétrécir, entre 100 et 130, devenir de plus en plus faible et se limiter enfin entre 116 et 125. Par l'acide chlorhydrique, la solution aqueuse prend une couleur rouge fuchsine tout à fait identique à celle obtenue avec la teinture de pigment des graines noires ou violettes. L'addition de quelques gouttes d'ammoniaque donne au liquide acidulé une belle couleur bleue à fond violet, et l'on constate alors une absorption très intense sous forme de bande entre 80 et 120. Par addition d'eau, la bande se limite et persiste entre 95 et 105.

La solution aqueuse de coquelicot ne donne rien par l'acide chlorhydrique, mais sous l'influence de l'ammoniaque elle

prend une coloration violette à fond rougeâtre assez faible : au spectroscope, même bande d'absorption très étendue qui diminue par dilution successive et s'arrête entre 80 et 105.

On ne trouve point dans les faits qui précèdent des caractères suffisants pour rapprocher les pigments de la corolle de ceux du spermoderme, malgré quelques analogies de réaction.

Ces pigments appartiennent en général à la série dite xanthique, c'est-à-dire que leurs nuances s'étendent du rouge au jaune plus ou moins rabattus. Ils peuvent être tantôt noirs, tantôt violets, tantôt rouges, tantôt jaunes. Ils occupent la plus grande partie du spectre, surtout la partie la plus réfrangible, et contrairement à ce qui a été signalé par M. G. Pouchet pour les matières colorantes de certains animaux, le pigment violet est ici très répandu.

Depuis longtemps, les botanistes avaient noté que les couleurs des semences ne sont jamais en rapport avec celles de la corolle. Ainsi dans les graines, d'apès Sénebier, « la couleur roussâtre est la plus générale, l'ocracée est ordinaire, le noir leur est particulier. Le brun et ses nuances se trouvent sur les graines et sur l'écorce ; le blanc se voit plus communément sur les fleurs que sur les graines ; il en est de même du jaune. Le rouge et le pourpre sont rares dans les graines, mais fréquents dans les fleurs. Le rose est encore plus rare que dans les premières et il n'y a que quelques graines qui soient bleues (1). » Malgré les exemples que cite Sénebier à l'appui de son dire, A. Saint-Hilaire affirme n'avoir jamais rencontré dans les graines les couleurs bleu et rose, si fréquentes dans les fleurs. Il est donc actuellement impossible de rattacher les colorations des semences à celles de la corolle. On trouverait peut-être des éléments pour la solution de cette question dans une étude comparative de la répartition des couleurs dans les fleurs et les graines, suivant le degré d'élévation dans la série, ou plutôt suivant la distribution géographique des espèces envisagées à ce point de vue.

(1) *Phys. vég.*, t. II, p. 155.

Un grand nombre de naturalistes pensent que, d'une manière générale, la coloration dans le monde organique est le résultat d'une action directe de la lumière et de la chaleur du soleil. Ainsi s'expliqueraient les brillantes couleurs des animaux et des fleurs que l'on rencontre entre les tropiques. Pour les plantes, Sénebier n'acceptait cette théorie qu'avec certaines restrictions : « Les couleurs variées de plusieurs fleurs et de plusieurs fruits, dit-il, paraissent sortir peintes du pinceau de la lumière, quoiqu'il y en ait qui se colorent à l'obscurité (1). » Tout récemment, l'opinion généralement acceptée a été combattue par R. Wallace, non seulement en ce qui concerne les animaux, mais surtout pour les végétaux. « Mes observations personnelles, dit ce naturaliste, faites pendant un séjour de douze années dans les régions tropicales des deux hémisphères, m'ont convaincu que cette croyance est absolument erronée et que, en proportion du nombre total des espèces de végétaux, on trouve plus de fleurs à couleurs vives dans les zones tempérées que dans les zones les plus chaudes (2). »

L'opinion soutenue par R. Wallace est d'ailleurs en rapport avec quelques faits sur lesquels l'attention a été appelée tout récemment. On affirmait depuis longtemps que les plantes des pays du Nord produisent des fleurs plus brillantes que celles des régions méridionales, et cette particularité a été encore signalée de la manière la plus explicite par MM. Bonnier et Flahault (3), surtout par ce dernier, à la suite d'études entreprises sur la flore de la Scandinavie. On sait, d'autre part, par les observations de MM. Pellat et Bonnier, que l'altitude fait subir aux matières colorées des fleurs dans une même espèce végétale, des variations nettement accusées et que M. Bonnier a résumées dans la conclusion suivante : « Pour une même espèce, la coloration des fleurs de même âge augmente en général avec l'altitude, à égalité de toutes les autres condi-

(1) *Op. cit.*, t. III, p. 176.

(2) *La coloration des animaux et des plantes* (*Rev. intern. des sciences*, 15 juillet 1879.

(3) *Bull. Soc. bot.*, 13 décembre 1878.

tions (1). » L'influence de la latitude, aussi bien que celle de l'altitude, sur le développement des pigments, doit être attribuée à une même cause, l'énergie solaire, dont l'action plus ou moins prolongée, plus ou moins intense, est elle-même en rapport avec ces deux éléments.

Le mode de répartition des couleurs des graines peut-il apporter dans la question quelque argument nouveau? Le développement des semences aux couleurs les plus diverses, dans un ovaire dont les parois plus ou moins épaisses les protègent contre une action directe de la radiation solaire, semble indiquer que la lumière n'est pas un facteur indispensable à la production des couleurs les plus vives. Toutefois on ne doit pas oublier que les graines les plus diversement colorées sont celles qui proviennent de fruits déhiscents et ne sont entourées que d'un périsperme peu épais. Mais est-il démontré que les semences développées dans des conditions différentes d'éclairement soient diversement influencées dans leur coloration, et que les graines provenant des tropiques, par exemple, aient des couleurs plus vives et plus variées que celles de nos climats? Je dois avouer que la plupart des faits qui me sont connus me feraient incliner vers une opinion opposée. Mais les éléments nécessaires pour trancher la question d'une manière définitive font encore défaut.

Toutefois quelques expériences faites par M. J. Sachs sur la formation des matières colorantes avaient conduit ce physiologiste à admettre que le développement des couleurs dans les fleurs est indépendant de l'action locale de la lumière, et que ces matières s'élaborent exclusivement aux dépens des substances formées dans les feuilles sous l'influence de la lumière.

Des recherches plus récentes de M. Ch. Flahault semblent démontrer que « le développement de la matière colorante soluble des fleurs dépend directement des matières nutritives emmagasinées, ou de l'assimilation par la chlorophylle » ; ce qui explique fort bien que cette matière colorante puisse être

(1) *Bull. Soc. bot.*, 2 avril 1880.
(2) *Bull. Soc. bot.*, 11 juillet 1879, p. 268.

formée à l'obscurité, alors que les parties colorées sont encore cachées dans le bouton et protégées par conséquent contre la lumière par un abri épais et opaque. Mais il n'en n'est plus de même pour la matière colorante jaune (xanthine de MM. Frémy et Cloëz) : dans ce cas, M. Flahault a observé une dépendance réelle entre la lumière directe du soleil et la coloration des fleurs, ce qui serait en rapport avec cette opinion, que le pigment jaune insoluble n'est autre chose que la chlorophylle transformée ou altérée.

La théorie émise par M. Ch. Flahault me paraît de nature à fournir l'explication d'un certain nombre de faits encore très obscurs. On sait, en effet, que si la couleur des graines est généralement constante, il y a cependant quelques cas où la culture parvient à la faire varier, même sans amener dans la plante aucune modification notable. Ces variations ne sont-elles pas la conséquence d'un changement dans l'alimentation même du végétal et, par conséquent, de la présence ou de l'absence de réserve nutritive? La couleur blanche des graines ou des fleurs due à la seule présence de l'air dans les cellules n'est-elle point le signe d'une débilité héréditaire ou acquise, liée à l'absence de réserve, ou même celui d'un véritable état pathologique analogue à l'albinisme? Si la théorie ingénieuse développée par M. Flahault est vraie, il doit être possible de changer artificiellement le mode de coloration des graines et des fleurs en faisant varier les conditions de culture. On comprend facilement tout l'intérêt qui s'attache à la solution de cette question d'organogénie.

Je termine ici cette étude, à peine ébauchée, des matières colorantes tégumentaires des graines, que je me propose de poursuivre ultérieurement, et j'aborde la partie purement physiologique et expérimentale de ce chapitre.

B. — Influence de la couleur des graines sur les échanges gazeux avec l'atmosphère, pendant la germination a la lumière.

L'influence exercée par la coloration des semences sur leur germination ne peut être appréciée d'une manière rigoureuse

que par le dosage comparatif des quantités d'oxygène absorbé et d'acide carbonique dégagé par deux lots de graines identiques d'ailleurs, de même nombre et de même poids, mais de couleur différente, germant sous l'action directe des rayons solaires, dans des conditions complètement semblables. Les appareils employés pour les séries d'expériences déjà relatées précédemment répondaient à ces indications : il suffisait d'y placer les graines, puis de les exposer en plein soleil pour mettre en jeu le pouvoir absorbant particulier des téguments séminaux à l'égard de la radiation solaire. La théorie indiquait que plus était grand le pouvoir absorbant pigmentaire, plus devait être considérable la quantité d'oxygène absorbé par la graine.

Mais l'expérience m'a démontré que d'autres éléments intervenaient dans le problème, c'est-à-dire qu'entre deux graines de *Phaseolus* de couleur dissemblable, la différence au point de vue de la germination n'était point limitée à ce caractère. Frappé de ce fait que la saillie de la radicule se produit toujours plus lentement dans les semences de haricots noirs que dans celles de haricots blancs, toutes les autres conditions étant cependant égales, je supposai que l'épaisseur des téguments et par conséquent la perméabilité à l'eau plus ou moins grande qui en résulte, peut-être même un pouvoir osmotique différent, indépendant de l'épaisseur de l'enveloppe, pouvaient être la cause de cette particularité.

J'examinai d'abord l'épaisseur et la résistance des téguments et je constatai que pour une même variété, elles différaient dans des proportions notables suivant la coloration. Ainsi les haricots noirs ont toujours un spermoderme plus épais et plus résistant que les haricots blancs, et ces propriétés m'ont paru en général augmenter avec la couleur dans l'ordre suivant : blanc, jaune, violet, noir, cette dernière coloration coïncidant habituellement avec une épaisseur maximum des téguments et la couleur blanche avec une épaisseur minimum.

Je déterminai ensuite le degré de perméabilité du spermo-

derme pour l'eau, circonstance importante pour le début et la marche du phénomène germinatif. Pour cela, je choisis une série de lots de semences de haricots de même récolte, de même variété, mais de couleur différente. Chaque lot contenant un nombre égal de graines, et représentant un poids égal préalablement déterminé, était plongé dans l'eau pendant un temps fixé ; à certains intervalles, on notait l'augmentation de poids de chacun de ces lots, et l'augmentation constatée indiquait justement la quantité d'eau absorbée par chacun d'eux et, par conséquent, la valeur relative de leur pouvoir osmotique pour l'eau. Deux lots de *Phaseolus multiflorus* composés chacun de 5 graines d'un noir violet pour le premier lot, blanches pour le deuxième lot et pesant également 6gr,63 à l'état sec, pesaient le premier 11gr,5, le deuxième 10gr,4, après six heures d'immersion. Au bout de vingt-quatre heures, les deux lots pesaient également 13gr,80. La perméabilité du spermoderme à l'eau semble donc être plus considérable pour les graines violet noir que pour les graines blanches.

J'ai fait encore l'expérience suivante : trois lots pesant chacun 2gr,8, et composés le premier de 5 graines de Haricot jaune nankin ; le deuxième de 5 graines violettes de la même variété ; le troisième enfin de 5 graines noires, avaient acquis, au bout de vingt-quatre heures, les poids suivants : le premier 3gr,95, le deuxième, 4gr,01 ; le troisième, 4gr,21.

Il semblerait donc y avoir une relation inverse entre l'épaisseur du spermoderme et la facilité avec laquelle cette enveloppe se laisse pénétrer par l'eau. Toutefois, il n'est pas impossible que, pour les graines blanches, l'air contenu dans les téguments entrave plus ou moins le passage de l'eau ; ce qui expliquerait, au moins en partie, cette moindre perméabilité. D'autre part, la présence de l'air dans les cellules superficielles du spermoderme des graines blanches doit forcément entraîner certaines modifications dans leur pouvoir osmotique pour les gaz, et, par conséquent, exercer sur les échanges respiratoires qui accompagnent la germination une influence quelconque dont le sens nous est inconnu. Il eût été intéressant d'élucider

ce point par une série d'expériences directes effectuées à l'aide de petits appareils dialyseurs construits avec les téguments de graines de couleur différente. M. Dehérain, ayant annoncé dans un de ses derniers mémoires, qu'il avait mis cette question à l'étude, je n'ai point jugé opportun de l'aborder.

§ 1. — Influence de la couleur des graines sur la quantité d'oxygène absorbé pendant la germination à la lumière.

Dans une première série d'expériences, je me suis contenté de doser les quantités d'oxygène absorbé par des lots de semences d'égal nombre et d'égal poids, germant à la lumière directe, dans des conditions identiques de température et d'éclairement.

Presque toutes mes expériences ont porté sur des graines de *Phaseolus multiflorus*, les unes blanches, les autres de couleur violet foncé, et fortement tachées de noir sur un tiers ou une moitié de leur surface. L'opposition de ces deux colorations extrêmes m'a paru de nature à rendre aussi manifestes que possible les variations dans les échanges respiratoires que faisait prévoir la théorie. Dans un cas seulement, j'ai obtenu un résultat unanime avec des graines noir foncé et jaune nankin de *Phaseolus vulgaris*.

Expérience 1. — Deux lots de graines de *Phaseolus multiflorus*, pesant chacun $3^{gr},50$, et composés, le premier de deux graines de couleur violet foncé taché de noir, le deuxième de deux graines blanches, sont placés dans des appareils éclairés.

		Violet-noir V.=318	Blanc V.=280	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
12 avril..	7 h., s...	4	2,8	18°	759	15,36
17 —	9 h., m...	17,2	13,5	18°	759	15,36

Au moment où je mets fin à l'expérience, il y a unanimité de germination dans les deux lots : les radicules ont un développement à peu près égal dans les deux lots, bien qu'elles aient fait leur apparition un peu plus tôt dans le deuxième lot que dans le premier.

En ramenant les volumes gazeux à 0° et à 760, on a :

	cc		cc
Pour le 1er lot...........	288,07	Pour le lot 2.	254,37
	224,29		206,10
Dont les différences sont...	63,78	et	48,27

indiquant les quantités d'oxygène absorbé dans les deux lots.

Expérience 2. — Quatre graines de *Phaseolus multiflorus*, pesant chacune 1gr,19, sont placées dans quatre appareils simultanément exposés à la lumière directe.

		1 Violet-noir V.=400	2 Blanc V.=338	3 Violetnoir V.=318	4 Blanc V.=280	T.	H.	F.
		cc	cc	cc	cc			
27 avril..	5 h.1/2, s.	4,8	5,5	3,9	3	19°	752	16,3
5 mai...	10 h., m..	14	18	14,6	14,8	21°	756	18,5

Les graines blanches avaient rompu leur spermoderme : l'une le 30 avril; l'autre (4), le 1er mai dans la soirée; les graines noires : l'une (1), le 4 mai, dans la matinée; l'autre (4), le même jour dans la soirée. La radicule, au moment de la fin de l'expérience, avait 3 centimètres dans le lot 2; 1c,5 dans le lot 4; 1/2 centimètre dans le lot 1 ; enfin, dans le lot 3, le spermoderme était seulement rompu du côté du hile, mais la radicule ne faisait pas encore saillie au dehors. En résumé, le développement avait été plus tardif pour les graines noires que pour les blanches. Notons que l'appareil 1 avait été le moins favorisé au point de vue de l'éclairement, à cause de sa position moins favorable sur la fenêtre.

Les corrections effectuées, on a pour les volumes gazeux, au commencement et à la fin de l'expérience :

	cc		cc		cc		cc
Lot 1.	357,55	Lot. 2	301,26	Lot 3.	283,95	Lot 4.	250,50
	304,40		247,15		226,00		200,71
	53,15		54.11		57,95		49,79

Ces différences expriment les quantités d'oxygène absorbé par chaque graine.

Expérience 3. — Disposée d'une manière identique à la précédente : une seule graine de *Phaseolus multiflorus* est pla-

cée dans chaque appareil, chacune pèse uniformément $1^{gr},80$. Ces graines ont séjourné dans l'eau pendant six heures, et leurs enveloppes ont été préalablement incisées le long du hile.

		1 Violet-noir V.=400	2 Blanc V.=338	3 Blanc V.=280	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc	cc			
5 mai..	6 h., s...	5,4	4,6	1,4	21°	756	18,5
8 —	5 h., s...	7,8	6,2	5,7	19°	750	16,3

Les radicules avaient apparu le 7 pour le lot n° 2, le 8 (matin) pour le lot n° 3, le 8 (soir) pour le lot n° 1. Au moment où l'expérience est arrêtée, la radicule se montre dans le lot 1, elle a atteint 1 centimètre dans le lot 2, et 1/2 centimètre dans le lot 4; la graine du lot 3 est en pleine décomposition.

Les corrections effectuées, on a pour les volumes, au commencement et à la fin de l'expérience :

Lot 1...	cc 355,54	Lot 2...	cc 300,39	Lot 3...	cc 251,04
	342,37		293,79		231,20
	13,17		6,60		19,84

Ces différences expriment les quantités d'oxygène absorbé par chaque lot.

Expérience 4. — Disposée comme les précédentes : chaque lot ne comprend qu'une graine de *Phaseolus multiflorus*, du poids de $1^{gr},15$.

		1 Blanc V.=338	2 Violet-noir V.=318	3 Blanc V.=[illegible]	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc	cc			
8 mai..	6 h., s...	3,6	4,2	2,4	19°	750	16,15
12 —	9 h., m..	9	10,4	8,2	16°,5	755	14

La radicule a fait issue au dehors, le 10, pour le lot 3; le 11, pour le lot 1; enfin, le 12 seulement, pour le lot 2.

A la fin de l'expérience, la graine 1 a une radicule de 2 centimètres; la graine 2, de 1 centimètre; la graine 3, de $1^{c},5$.

Les corrections effectuées, on a pour l'expression des volumes :

Lot 1...	cc 301,73	Lot 2...	cc 283,14	Lot 3...	cc 250,48
	280,34		259,06		230,05
	21,39		24,08		20,43

Ces chiffres indiquent les quantités d'oxygène absorbé par chaque graine.

Expérience 5. — Disposée comme les précédentes : chaque graine pèse 1gr,35, et son enveloppe a été préalablement incisée après une macération de deux heures dans l'eau.

		Violet noir V.=308	Blanc V.=280	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
12 mai...	4 h., s...	4,8	2	17°	755	14,4
16 —	8 h.1/2 m.	8,5	7	20°	757	13,36

La radicule s'est montrée le 14 pour la graine 2 et le 15 pour la graine 1. A la fin de l'expérience, la première avait une radicule de 2 centimètres ; la seconde, de 1 centimètre.

On a pour l'expression des volumes gazeux :

Pour le 1er lot............	cc 305,52	Pour le lot 2.	cc 254,88
	285,46		332,10
Dont les différences.......	20,06	et	22,78

expriment les quantités d'oxygène absorbé dans les deux lots.

Expérience 6. — Chaque lot est composé de trois graines de *Phaseolus vulgaris*, de coloration différente et de poids identique, 1gr,60.

		Jaune V.=400	Noir V.=318	Jaune V.=280	Temp.	Haut.	T.
		cc	cc	cc			
16 mai...	9 h., m..	7,4	3,6	2,8	21°	757	18,5
20 —	5 h., s..	19,2	10,6	9,6	20°,5	760	17,9

La rupture du spermoderme s'est produite le 17 pour les 3 graines du lot 1, le 18 pour les 3 graines du lot 3, le même jour pour 1 graine du lot 2, le 19 pour la deuxième graine du même lot, et le 20 pour la troisième graine de ce lot.

A la fin de l'expérience, les cotylédons sont verts dans toutes les graines du lot 1, et la végétation commence ; dans le deuxième lot, on constate le même état pour deux graines ; quant à la troisième, elle n'a encore qu'une radicule de 1 centimètre ; enfin, dans le lot 2, les graines ont rompu leur spermoderme, et deux seulement ont une radicule légèrement saillante.

Les volumes, ramenés à 0° et à 760, sont, au commencement et à la fin de l'expérience :

	cc		cc		cc
Lot 1...	254,20	Lot 2...	283,66	Lot 3...	250,10
	290,78		252,78		223,02
	63,42		30,88		37,08

Les différences expriment les quantités d'oxygène absorbé par chaque lot.

Je résumerai l'ensemble de ces expériences dans le tableau qui suit :

Nos des expériences.	NOMS des graines en expérience.	Nombre des graines.	Poids des lots.	Durée de l'expérience	VOLUME D'OXYGÈNE absorbé par les graines de couleur. 1 Violet-noir.	2 Blanche.	3 Violet-noir.	4 Blanche.
			gr.	jours.	cc.	cc.		
1	*Phaseolus multiflorus*..	2	3,50	5	63,78	48.27		
							cc.	cc.
2		1	1,19	8	53,15	54,11	57,95	49,79
3	Id.	1	1,80	4	13,17	6,60	Nul.	19,84
4	Id.	1	1,15	4	Nul.	21,39	24,08	20,43
5	Id.	1	1,35	4	20,06	22,78		
						1 Jaune.	2 Noire.	3 Jaune.
6	*Phaseolus vulgaris*.....	3	1,60	4		63,42	30,88	27,08

§ 2. — **Influence de la couleur des graines sur le rapport des quantités d'oxygène absorbé et d'acide carbonique dégagé pendant la germination à la lumière.**

J'ai eu pour objectif, dans cette deuxième série d'expériences, de déterminer si les différences de coloration des graines se traduisent, pendant l'acte de germination, par des différences dans les quantités d'acide carbonique exhalé et, par conséquent, dans la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$. Les faits qui précèdent permettaient de supposer qu'il devait en être ainsi.

Les appareils dont j'ai fait usage pour cette recherche sont

les mêmes qui avaient déjà été employés dans la seconde série des expériences du chapitre IV. Ils étaient disposés côte à côte, près d'une fenêtre parfaitement éclairée, et recevaient la radiation solaire directe au moins pendant six heures chaque jour. Quant aux températures, elles étaient toujours notées au moment où le soleil ne frappait pas directement le thermomètre appendu à l'un des appareils.

Les semences que j'ai utilisées ont été exclusivement celles de *Phaseolus multiflorus*, les unes de couleur violet noir, les autres blanches; le choix de ces colorations étant destiné à accentuer autant que possible les différences dans le phénomène d'exhalation.

Expérience 1. — Deux lots de trois graines, pesant chacun 4gr,15.

		Noir-violet V.=2088	Blanc V.=1863	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
2 juin...	6 h., s...	3,9	3,4	22°	760,9	19,6
7 —	9 h., m..	11,2	3,6	21°	757	18,5

A la fin de l'expérience, je constatai que les trois graines blanches étaient en putréfaction : du côté des graines violettes, il y avait unanimité de germination, et la longueur des radicules variait de 2 à 3 centimètres.

Les corrections effectuées, on obtient pour l'expression des volumes gazeux, au commencement et à la fin de l'expérience, les nombres

	cc 1808,75	
et............	1615,26	
dont la différence.	193,49	indique la quantité d'oxygène absorbé.

Le dosage de l'acide carbonique, pratiqué comme dans les expériences précédentes, donne le chiffre de 89cc,58.

Expérience 2. — Deux lots de quatre graines, pesant chacun 6gr,15.

		Violet-noir V.=2008	Blanc V.=1863	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
11 juin...	6 h., s...	5	4	21°	760,9	18,5
14 —	2 h., s...	5,4	8	25°	760	23,5

Dans le premier lot, 3 graines sont en putréfaction; du côté des graines blanches, il y a unanimité de germination : 2 graines ont des radicules de 2 centimètres, 1 de 1 centimètre, et la quatrième de 1/2 centimètre seulement.

Après correction, les volumes gazeux sont.........	cc 1686,00
et......................................	1557,12
dont la différence..........................	128,88

exprime la quantité d'oxygène absorbé.

La quantité d'acide carbonique exhalé est de 116cc,82.

Expérience 3. — Deux lots de 3 graines pesant chacun 4gr,75.

		Violet-noir V.=2008	Blanc V.=1963	Temp.	Haut.	F.
		cc	cc			
14 juin...	6 h., s...	2,4	2,5	25°	761	23,5
21 —	8 h., m...	11,3	9,6	23°,5	758	21,5

Le 17, 1 graine du premier lot avait sa radicule; le 18 et le 19, les 3 graines blanches avaient développé le même organe, le 20 seulement apparurent les radicules des 2 autres graines du premier lot.

A la fin de l'expérience, il y avait unanimité de germination dans les deux lots : les radicules des trois graines violet noir avaient 2c,5, 2 centimètres et 0c,5; celles des graines du second lot atteignaient 2 centimètres, 1c,5 et 1 centimètre.

Les corrections effectuées, on a comme expression des volumes gazeux, au commencement et à la fin de l'expérience :

Pour les graines violet-noir.	cc 1782,66	Pour les blanches..	cc 1653,69
	1566,16		1494,09
Dont les différences.......	216,50	et	159,60

expriment les quantités d'oxygène absorbé par chaque lot.

Le dosage de l'acide carbonique donne :

Pour les graines violet-noir. 122cc,46 Pour les blanches. 142cc,64

Expérience 4. — Deux lots de 3 graines pesant chacun 4gr,05 : ces graines avaient été, après pesée, plongées dans

l'eau ordinaire pendant douze heures, et leur gonflement était complet au moment où l'expérience fut commencée.

		Violet-noir. V.=2008 cc	Blanc. V.=1863 cc	Temp.	Haut.	F.
21 juin...	10 h., m...	3,5	2,8	25°	758	23,5
23 —	9 h., m...	7,7	6,2	24°	761	22,18

Le 22, la radicule apparaissait chez toutes les graines blanches et seulement chez deux des graines violet-noir, dont la troisième ne germait que le lendemain.

A la fin de l'expérience, unanimité de germination dans les deux lots : parmi les graines violet-noir, les radicules avaient une longueur de 3 centimètres, 2 centimètres et $0^c,5$. Dans le second lot, deux radicules atteignaient $2^c,5$, l'autre 3 centimètres; le développement apparent était donc un peu plus considérable que dans le premier lot.

Les corrections effectuées, j'ai trouvé pour les volumes gazeux les chiffres suivants :

	cc		cc
Graines violet-noir...	1774,43	Graines blanches...	1646,79
	1677,05		1582,54
Dont les différences...	97,38	et	64,25

mesurent les quantités d'oxygène absorbé par chaque lot.

Les dosages ont donné pour les quantités d'acide carbonique exhalé :

	cc		cc
Graines violet-noir....	30,31	Graines blanches...	56,08

Expérience 5. — Deux lots de 3 graines, pesant chacun, à l'état sec, $3^{gr},59$, sont mis en expérience après avoir baigné pendant sept heures dans de l'eau ordinaire.

		Violet-noir V.=2008 cc	Blanc V.=1863 cc	Temp.	Haut.	F.
23 juin...	5 h., s...	3,2	2,8	25°	762	23,5
26 —	4 h., s...	8	6,6	25°	760	23,5

L'issue de la radicule s'est produite le 24 dans la matinée pour une graine de chaque lot; le soir, pour les deux autres

graines du premier lot et pour une graine du second lot; le 26, dans la matinée, pour la troisième graine du second lot.

A la fin de l'expérience, les graines violet-noir ont des radicules de 3 centimètres; parmi les graines blanches, la saillie de la radicule atteint 3 centimètres, $2^c,5$ et $0^c,5$; le développement apparent est un peu moins accusé dans ce lot que dans l'autre.

Les corrections effectuées, j'ai trouvé, pour les volumes gazeux, les chiffres suivants :

Graines violet-noir...	$1784^{cc},36$	Graines blanches...	$1655^{cc},66$
	1659,57		1562,88
Dont les différences..	124,79	et	92,78

expriment les quantités d'oxygène absorbé par chaque lot.

Les quantités d'acide carbonique exhalé sont :

Graines violet-noir..... $49^{cc},84$ Graines blanches... $59^{cc},77$

Je résumerai l'ensemble de ces résultats dans le tableau suivant, où figurent les chiffres indiquant la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ pour chaque lot de graines.

Numéros des expériences.	NOMS des GRAINES.	Nombre des graines.	Poids des lots.	VOLUME d'oxygène absorbé par le lot de graines		VOLUME d'acide carbonique exhalé par le lot de graines		RAPPORT $\frac{CO^2}{O}$ pour le lot de graines.	
				Violet-noir.	Blanc.	Violet-noir.	Blanc.	Violet-noir.	Blanc.
1	*Phaseolus multiflorus*......	3	$4^{gr},15$	$193^{cc},49$	Nul.	$89^{cc},58$	Nul.	0,462	Nul.
2	Id.	4	6,15	Nul.	$128^{cc},88$	Nul.	117,82	Nul.	0,914
3	Id.	3	4,73	216,66	159,60	122,46	142,64	0,565	0,893
4	Id.	3	4,05	97,38	64,25	30,31	56,05	0,311	0,872
5	Id.	3	3,59	124,79	92,78	49,84	59,77	0,399	0,644

§ 3. — Conclusions.

Les deux séries d'expériences relatées dans ce chapitre conduisent aux résultats suivants :

1° L'issue de la radicule a été, presque toujours, plus hâtive chez les graines blanches que chez les graines violet noir, ainsi que cela résulte de l'ensemble de mes expériences. Supposant que l'épaisseur de l'enveloppe et les différences dans la rapidité de l'imbibition n'étaient pas étrangères à ce fait, j'ai laissé baigner les graines dans l'eau pendant quelques heures, jusqu'à gonflement complet, et pour hâter davantage encore leur germination, j'ai, dans quelque cas, incisé le spermoderme suivant le grand diamètre du côté du hile. Les résultats n'en ont pas été modifiés. Une seule expérience, 5 (deuxième série), n'a point offert la particularité susmentionnée. Enfin, dans l'expérience 6 (première série), l'issue de la radicule a été plus rapide chez les graines jaunes que chez les graines noires. Le développement apparent semblerait donc être un peu plus rapide chez les graines blanches ou jaunes que chez les graines noires ou violettes.

2° En ce qui concerne l'absorption d'oxygène, l'influence exercée par la coloration sur la marche de ce phénomène s'est manifestée d'une manière conforme aux prévisions théoriques : les quantités d'oxygène absorbé ont été beaucoup plus considérables pour les graines violet noir que pour les graines blanches, bien que ces dernières eussent germé plus rapidement. Dans l'expérience 4 (première série), on constate, il est vrai, un léger avantage en faveur de la graine blanche ; mais cet avantage est facilement expliqué par cette circonstance que l'appareil contenant le deuxième lot occupait une position plus favorable que son congénère. Dans l'expérience 6 (première série), le lot des graines noires, dont le développement était moins avancé que celui du lot 3 (graines nankin), a cependant absorbé un peu plus d'oxygène que ce dernier, mais beaucoup moins que le lot 1 (graines nankin), dans lequel la végétation proprement dite était déjà complète, et qui ne peut,

par conséquent, entrer en ligne de compte. Enfin, dans les expériences 3, 4 et 5 de la deuxième série, la quantité d'oxygène absorbé par les graines violet noir a toujours été de 1/4 environ supérieure à celle consommée par les graines blanches, dont le développement apparent était cependant un peu plus avancé.

3° Bien que l'absorption différente d'oxygène par des graines de coloration diverse soit très probablement influencée par des circonstances qui nous échappent encore, un fait général semble cependant se dégager de mes expériences : pour atteindre le même développement apparent (rupture du spermoderme ou issue de la radicule), une graine noire ou violette absorbe plus d'oxygène qu'une graine blanche ou qu'une graine jaune, bien que l'on constate chez ces dernières une plus grande rapidité de l'évolution germinative. Je crois trouver dans ce fait une confirmation de l'idée que j'ai émise au début de ce chapitre, à savoir que la quantité d'oxygène absorbé par des semences de couleur différente germant à la lumière est en rapport avec le pouvoir absorbant de leurs téguments pour la radiation solaire.

Je rappelle incidemment que les quantités d'oxygène absorbé par les graines en germination augmentent avec la température comme l'indique l'analogie. Il est facile de s'en convaincre en parcourant les séries d'expériences relatées dans les deux chapitres qui précèdent. On voit que la consommation de l'oxygène, pour la germination d'une même graine, a présenté une progression croissante depuis le commencement jusqu'à la fin de mes expériences, c'est-à-dire à mesure que la température s'est élevée. Mais ces expériences ne donnent que le sens général de cette influence, et un travail spécial permettrait seul d'établir dans quelles limites intervient l'action de la chaleur sur le premier acte de la fonction respiratoire dans la germination.

4° Parmi les cinq expériences de la seconde série, deux n'ont fourni un résultat unanime que pour un seul lot; je ne les mentionne donc qu'à titre de documents confirmatifs. Quant

aux trois autres, dans lesquelles l'unanimité de germination a été complète, elles fournissent les éléments nécessaires pour déterminer l'influence de la coloration des semences sur le rapport $\frac{CO^2}{O}$, au moins pour les graines de Légumineuses. Ces trois expériences n'ont cependant pas eu lieu dans des conditions tout à fait identiques. Ainsi, pour l'expérience 3, qui a duré près de 7 jours, les graines ont été introduites dans l'appareil à l'état sec; pour l'expérience 4, après un séjour de 12 heures dans l'eau ordinaire; pour l'expérience 5, après un séjour de 7 heures seulement dans le même liquide. Il est évident que dans ces deux dernières expériences il y a eu une accélération notable du processus, par le fait du gonflement préalable des graines et d'un commencement de germination déjà effectué, au moins dans l'expérience 4, au moment où les semences ont été déposées dans les appareils, ce que démontre d'ailleurs leur très rapide évolution. En somme, les dosages ont porté tantôt sur le phénomène germinatif, mesuré dès son origine, tantôt sur ce processus déjà plus ou moins développé. Il est important de constater la concordance dans les chiffres obtenus pour ces diverses conditions; car elle étend la portée des conclusions qui en résultent et en assure la généralité, au moins pour les graines des Légumineuses, et peut-être pour l'ensemble des graines amylacées.

La quantité absolue d'acide carbonique exhalé comparativement par les deux lots de graines de coloration diverse a toujours été beaucoup plus considérable pour les graines blanches que pour les graines violet noir. Cet avantage s'est élevé dans un cas (expérience 4) presque au double du volume exhalé par le lot de semences colorées.

5° Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ a varié, pour les graines violet noir, entre 0,311 et 0,565; pour les graines blanches, entre 0,644 et 0,914; en d'autres termes, ce rapport tend vers l'unité pour les graines blanches, et il ne dépasse guère 1/2 pour les graines pigmentées. Ces différences considérables semblent démontrer que les graines noires ou violettes sont mieux douées au

point de vue physiologique que les graines blanches, puisque, dans les mêmes conditions, elles absorbent plus d'oxygène que ces dernières et exhalent moins d'acide carbonique. A l'état de nature, c'est-à-dire quand les semences germent à la lumière, la transformation de la légumine en asparagine doit s'effectuer beaucoup plus facilement dans les graines colorées que dans les autres. La pigmentation plus fréquente et plus prononcée des graines des pays du Nord ou des régions très élevées est donc une condition favorable pour le développement de ces organismes dans les conditions particulières d'éclairement où ils sont appelés à évoluer.

Enfin, il est permis de supposer que ce rôle de la pigmentation dans le phénomène respiratoire existe, non seulement chez les végétaux pendant la germination, mais encore chez les animaux eux-mêmes. On a déjà signalé chez ces derniers une accélération de la respiration sous l'influence de la lumière : on comprend dès lors tout l'intérêt qu'il y aurait à déterminer si l'action des pigments tégumentaires établie pour les végétaux existe de même dans la série animale. Pour réaliser cette recherche avec les plus grandes chances de succès, il faudrait choisir pour sujet d'expérience quelques-uns des types animaux chez lesquels la peau est le siège de la fonction respiratoire, et présente, en même temps, de grandes variétés de pigmentation, c'est-à-dire de pouvoir absorbant.

6. Les conséquences des recherches qui précèdent sont, dans leur ensemble, directement applicables à la germination des graines des plantes non cultivées. Dans les conditions naturelles, en effet, les semences projetées sur le sol à l'époque de leur maturité y germent le plus souvent sous l'influence de la lumière directe ou diffuse, empruntant l'énergie solaire proportionnellement au pouvoir absorbant dont jouit leur spermoderme, c'est-à-dire d'après la nature de leur coloration tégumentaire. La théorie voudrait donc que les pigments doués du pouvoir absorbant le plus grand, tels que le noir ou le violet foncé, fussent plus particulièrement l'apanage des graines des pays froids, et qu'au contraire les pigments à faible pouvoir

absorbant et surtout le défaut de pigmentation se rencontrassent plus particulièrement dans les semences des régions chaudes. Mais l'insuffisance des documents que l'on possède sur la répartition de la couleur des graines au point de vue géographique ne permet pas de dire si l'hypothèse est d'accord avec les faits.

Cependant toutes les graines, même à l'état sauvage, ne germent point à la lumière, par suite de certaines dispositions anatomiques. Tantôt, en effet, les semences proviennent de capsules déhiscentes qui les laissent tomber sur le sol à l'époque de leur maturité; tantôt elles sont enfermées en grand ou en petit nombre dans des capsules indéhiscentes ou au centre d'un endocarpe pulpeux. C'est dans ce second cas seulement qu'elles germent à l'abri de la lumière; le contraire se produit dans le premier cas, qui comprend, il est vrai, les faits les plus nombreux. Ainsi que nous l'avons dit, l'homme, en pratiquant des semis et en enterrant les graines, a évidemment altéré les conditions naturelles. Néanmoins, si les céréales cultivées depuis des siècles germent toujours à l'obscurité, l'expérience prouve chaque jour que cette condition n'est pas devenue nécessaire à leur germination; elle n'a pas pris les proportions d'un caractère héréditaire, pas plus que la privation de la lumière n'est devenue un empêchement à la germination des semences qui depuis des siècles germent sous l'influence de cet agent.

Ici se termine l'exposé des faits déjà connus ou résultant de mes recherches, sur le rôle si controversé de la lumière dans la germination. Ayant eu le soin de faire suivre chaque chapitre de conclusions détaillées, je me dispenserai de les rappeler ici : il me suffira de les rattacher par quelques considérations aux lois fondamentales de la physiologie générale.

L'étude de la germination, au point de vue physiologique et surtout au point de vue chimique, est à peine ébauchée : elle est entourée d'une foule de questions accessoires qui encom-

brent ses abords et éloignent d'elle l'attention des expérimentateurs. Un certain nombre de ces points secondaires ont appelé mon attention, et, sans prétendre les avoir élucidés encore d'une manière complète, j'ai pu cependant reconnaître le sens général de leur intervention dans le phénomène germinatif. Après avoir écarté ces causes d'erreur, j'ai pu rechercher avec plus de précision qu'on ne l'a fait jusqu'à ce jour, pour les expériences analogues, l'influence exercée par la lumière ou l'obscurité sur les échanges gazeux qu'effectue la graine en germination avec l'atmosphère ambiante.

Une conclusion générale et vraiment philosophique se dégage de l'ensemble des faits exposés dans ce travail.

« L'entretien de la vie, dit M. Berthelot, ne consomme aucune énergie qui lui soit propre, c'est-à-dire aucune énergie qui ne puisse être calculée d'après la seule connaissance des métamorphoses chimiques accomplies au sein de l'être vivant, des travaux intérieurs qu'il affectue, enfin de la chaleur qu'il développe (1). » Cette somme d'énergie nécessaire à l'entretien de la vie est donc sujette à des variations qui, pour une même espèce ou pour un même individu, peuvent osciller entre certaines limites, dans les diverses conditions d'existence. De même que la limite d'élasticité d'un ressort ne peut être dépassée sans rupture, de même la limite de plasticité de l'être vivant ne peut être franchie sans qu'un trouble physiologique plus ou moins grave en soit la conséquence.

Cette énergie empruntée au monde extérieur, à l'état de force vive, est fournie aux végétaux sous la forme la plus simple par les trois agents : chaleur, lumière, électricité. Le rôle de cette dernière énergie étant encore mal connu, et paraissant d'ailleurs moins important que celui des deux autres, nous le négligerons volontairement. Mais en ce qui concerne la chaleur et la lumière, les faits acquis nous permettent de supposer que, entre certaines limites et dans des circonstances spéciales, les plantes peuvent utiliser indistinctement, pour effectuer le tra-

(1) *Essai de mécanique chimique*, etc., t. I, p. 91.

vail intérieur dont elles sont le siège, une certaine quantité d'énergie calorifique ou une certaine quantité d'énergie lumineuse; en d'autres termes, elles peuvent transformer en un même travail moléculaire la chaleur et la lumière, établissant ainsi entre ces deux énergies une véritable équivalence physique et physiologique dont le rapport pourra être calculé quand il nous sera donné de mesurer avec précision les quantités de chaleur et de lumière qui interviennent dans un même phénomène physiologique. Cette hypothèse est déjà justifiée par la végétation de certaines plantes dans des climats extrêmes. La germination semble confirmer cette théorie d'une manière plus évidente : on sait, en effet, qu'il existe pour chaque graine une température à laquelle ce processus s'effectue, en un temps minimum, dans l'obscurité la plus complète; dans ce cas, il est évident que la seule énergie empruntée par la graine au monde extérieur, pour le développement de son embryon, est directement fournie par la chaleur. Mais nos expériences établissent qu'à température égale, la quantité d'oxygène absorbé par une graine qui germe est plus grande à la lumière qu'à l'obscurité; qu'en d'autres termes, la respiration de la semence est plus énergique dans le second cas que dans le premier. D'autre part, nos recherches nous conduisent accessoirement à démontrer que la quantité d'oxygène absorbé par la graine augmente avec la température jusqu'à une certaine limite que nous n'avons point fixée. Il résulte de ces deux faits que l'on pourrait obtenir dans des germinations parallèles une égalité complète, au moins pour cette phase du phénomène respiratoire, en maintenant un premier lot de graines à une certaine température dans l'obscurité, et un deuxième lot absolument semblable à une température inférieure, aidée de l'intervention d'une certaine quantité d'énergie lumineuse. En désignant par E l'énergie calorifique absorbée dans le premier cas, par e et par l l'énergie calorifique et l'énergie lumineuse absorbées dans le second, on serait conduit à une équation de la forme

$$E = e + l.$$

Mais, en définitive, la lumière est-elle utile ou nuisible à la germination? Les résultats de mes expériences me permettent de répondre à cette question si longtemps débattue, avec une très grande probabilité.

La lumière et la chaleur agissent d'une manière identique sur la respiration des semences, au moins en ce qui concerne l'absorption de l'oxygène; elles l'activent, et cette influence accélératrice augmente à mesure que l'intensité de ces énergies se prononce davantage.

Pour les limites de mes expériences, il n'est pas douteux que la lumière soit favorable à la germination, puisqu'elle augmente l'absorption de l'oxygène et diminue le dégagement absolu d'acide carbonique, comme je l'ai constaté pour le Ricin. Pour le Haricot, il est plus difficile de se prononcer, la perte absolue en acide carbonique étant un peu plus élevée à la lumière qu'à l'obscurité; mais la nécessité de l'intervention de la lumière pour la transformation des matières albuminoïdes en asparagine nous semble une preuve du rôle utile de la lumière.

D'ailleurs cette influence de la radiation solaire ne se manifeste point dans toutes les circonstances avec la même activité et, par conséquent, avec la même utilité. C'est surtout quand la respiration des semences en germination est languissante (c'est-à-dire aux basses températures), que l'énergie lumineuse doit remplacer la chaleur de la manière la plus utile. On comprend facilement qu'une lumière très intense coïncidant avec une température élevée active outre mesure les oxydations et exerce dès lors une influence nuisible sur la vie de l'embryon végétal.

En résumé, l'action accélératrice et favorable de la lumière sur la vie de la graine semble s'atténuer à mesure que la température s'élève, pour devenir nuisible quand cette dernière a dépassé un certain degré, ainsi que permettent de le supposer, par analogie, les travaux de Pringsheim. Mais, entre ces conditions extrêmes de température, quelle est la limite où la lumière cesse d'intervenir d'une manière utile? Tout

nous dit que c'est le degré favorable, puisque, à ce moment et même dans l'obscurité, les phénomènes de destruction organiques, accomplis aux dépens des réserves contenues dans la graine et les phénomènes de synthèse morphologique, atteignent leur rapport *optimum*.

Des recherches ultérieures me permettront de vérifier cette hypothèse, non seulement pour le cas particulier de la germination, mais encore pour les végétaux parasites, cryptogames et phanérogames. Enfin, poursuivant cette étude jusqu'aux animaux eux-mêmes, il nous sera peut-être donné un jour de dégager de cet ensemble d'observations la formule générale du mode d'action de la lumière sur les êtres à protoplasme incolore. Chose singulière! si les résultats obtenus dans ces voies diverses concordaient avec ceux que nous avons établis pour le cas particulier de la germination, on serait amené à considérer la lumière comme l'énergie organisatrice par excellence, non seulement pour les êtres doués de chlorophylle, mais encore pour ceux qui en sont dépourvus. Cette action plastique de la radiation solaire exercée sur l'ensemble des organismes vivants, à l'aide de mécanismes divers, nous apparaîtrait comme un nouvel exemple de la loi d'unité qui semble présider aux phénomènes de la vie.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 2.

Fig. 1. Appareil pour le dosage de l'oxygène absorbé par les graines.

Fig. 2. Appareil pour le dosage simultané de l'oxygène absorbé et de l'acide carbonique dégagé par les graines.

LES NOUVEAUX TRAVAUX

SUR LA NATURE ET LE

ROLE PHYSIOLOGIQUE DE LA CHLOROPHYLLE

Par M. Gaston BONNIER (1)

On sait de quelle importance est la fonction de la chlorophylle, cette substance verte qu'on rencontre presque exclusivement dans le règne végétal. En présence de la chlorophylle et sous l'action de la lumière, la matière vivante peut assimiler le carbone en décomposant l'acide carbonique de l'air. Il est vrai qu'en certains cas, comme l'a montré M. Pasteur, le carbone peut être introduit directement dans l'organisme, sans l'influence de la chlorophylle et de la lumière; mais on peut dire qu'en général c'est par l'intermédiaire des parties vertes des végétaux qu'il est introduit chez les êtres organisés. On comprend donc qu'il se soit produit un nombre très considérable de travaux sur cette matière verte qui intéresse à un si haut degré la physiologie. On a cherché à déterminer sa composition, les circonstances de sa formation et de sa destruction, les causes qui peuvent influer sur son rôle physiologique.

Malgré le nombre et l'importance de toutes les recherches qui ont été entreprises sur la chlorophylle, on n'était pas arrivé à des résultats concordants sur sa composition chimique ; les conclusions déduites d'un grand nombre d'expériences faites sur l'influence que subit l'action de la chlorophylle sous les diverses radiations lumineuses n'étaient pas non plus satisfaisantes.

C'est surtout depuis 1877 que les travaux publiés sur la chlorophylle ont révélé des faits nouveaux et très importants. La composition chimique de cette substance a été nettement définie et déterminée ; l'étude de l'influence de la lumière a donné des résultats qui ne sont plus en opposition avec certaines lois fondamentales de la physique ; enfin des recherches

(1) Extrait de la *Revue scientifique*, 1880, n° 34.

toutes récentes ont fait connaître des phénomènes inattendus et ont modifié complètement l'ancienne théorie sur l'assimilation ultérieure des produits carbonés; le rôle chimique de la chlorophylle dans l'assimilation s'est trouvé même mis en question.

Rappelons d'abord en quelques mots l'aspect sous lequel se présente la matière verte. On aperçoit le plus souvent, dans les cellules à chlorophylle, de petites masses arrondies colorées en vert, ce qu'on appelle des grains de chlorophylle; mais on sait que ces petites sphères ne sont pas entièrement formées par cette substance; elles n'en renferment qu'une très petite quantité. Ce sont des globules de protoplasma dense, sans parois propres, plongés au milieu du protoplasma fondamental de la cellule. Ils sont *teints* par la matière verte; en effet, il suffit de les traiter par l'éther, le chloroforme ou l'huile grasse, pour les décolorer sans que leur forme ni leur volume ne soient modifiés. En outre, si on suit le développement d'une de ces petites masses arrondies à ses différents âges, on voit qu'elle est d'abord incolore, puis jaune, puis verte. Ainsi la chlorophylle se présente sous la forme d'une teinture verte qui colore certains granules du protoplasma; nous verrons plus loin qu'il n'y a même qu'une partie de cette substance extraite par les dissolvants qui soit la vraie chlorophylle.

On croyait autrefois que cette substance verte, qui, comme nous le savons, n'exerce son rôle physiologique que sous l'influence de la lumière, ne pouvait également prendre naissance que sous l'action des rayons lumineux. On sait maintenant que cette condition n'est pas toujours nécessaire. M. Schmidt (1) a montré que les feuilles des Fougères et les jeunes plants de Pins germant forment de la chlorophylle dans la plus parfaite obscurité. Des bulbes d'oignons et de safran, dépourvus de matière verte et placés dans l'obscurité complète, se sont développés en verdissant leurs feuilles; les granules de protoplasma primitivement jaunes y étaient teintés par la chloro-

(1) *Ueber einige Wirkungen*, etc. Breslau, 1870.

phylle (1); enfin, M. Wiessner a pu obtenir le verdissement de plusieurs plantes sous l'action de la chaleur obscure. L'influence des radiations sur le développemeut de la chlorophylle n'est donc pas la même que celle qui est exercée sur l'action chimique produite au voisinage de cette substance. Les deux phénomènes ne sont pas liés l'un à l'autre comme on le croyait autrefois; chez les plantes où la lumière est nécessaire pour la formation de la chlorophylle comme elle l'est pour son action, c'est d'une manière différente qu'elle exerce son influence.

Laissons donc de côté, pour le moment, l'étude de ces causes si variables avec les différents êtres, qui influent sur l'apparition de la chlorophylle; ce qui nous intéresse le plus au point de vue physiologique, ce sont celles qui modifient l'intensité de son action chimique. Il est d'abord reconnu d'une manière générale par les observateurs que, chez tous les êtres à chlorophylle, la décomposition de l'acide carbonique ne s'opère que dans les cellules à chlorophylle; on a constaté aussi que l'action chimique n'a jamais lieu dans ces cellules sans l'influence de la lumière; enfin, qu'elle se produit seulement en présence de la matière vivante, le protoplasma. Autrement dit : une dissolution de chlorophylle à la lumière, une feuille verte et vivante à l'obscurité, ne décomposeront pas l'acide carbonique. Pour que l'action chimique se produise, il faut que la chlorophylle et la matière vivante en contact intime l'une avec l'autre, soient exposées aux radiations lumineuses.

Ainsi l'influence des radiations lumineuses est nécessaire; mais de quelles radiations lumineuses? Tous les rayons lumineux sont-ils également influents? Du reste, par le mot lumière nous n'entendons que la partie des radiations qui fait impression sur notre œil, et il faut étudier toutes les radiations. On a cherché l'influence des différentes radiations simples sur l'assimilation chlorophyllienne, soit en faisant passer la lumière à travers différents liquides colorés, soit en plaçant directement les végétaux en expérience dans les différentes

(1) Voy. Ch. Flahault, *Bull. Soc. bot. de France*, p. 249; 1879.

régions du spectre solaire. On jugeait de l'intensité de l'action assimilatrice par la quantité d'oxygène dégagée par chaque plante. Ces expériences, faites par de nombreux observateurs, ne donnèrent pas des résultats très concordants. Ainsi, M. Draper trouva deux maxima pour l'action assimilatrice, l'un vers le rouge orangé, l'autre vers le jaune vert. M. Pfeffer, au contraire, signale comme résultat de toutes ses expériences un seul maximum, vers le jaune vif.

En résumé, d'après un assez grand nombre de ces expériences, surtout d'après celles de M. Pfeffer, on admettait et on enseignait d'une manière générale que si l'on représente par des ordonnées l'action assimilatrice de la chlorophylle correspondant à chaque radiation du spectre, on obtient une courbe sensiblement pareille à celle qui représente l'impression des radiations sur nos yeux; les rayons infra-rouges et ultra-violets n'agissent pas, tous les autres agissent, et le maximum pour l'action chlorophyllienne est comme le maximum d'éclat dans le jaune vif. C'est là une coïncidence plus curieuse que satisfaisante pour l'esprit; on entrevoit difficilement un lien possible entre l'influence des radiations sur une action chimique comme la décomposition de l'acide carbonique en présence de la chlorophylle, et l'influence de ces mêmes radiations sur nos nerfs optiques; on comprendrait plutôt une coïncidence avec la courbe des intensités calorifiques, puisqu'on sait que l'acide carbonique, pour être complètement décomposé, absorbe un très grand nombre de calories.

Mais avant tout il y a lieu de se demander si toutes les radiations peuvent agir. Sont-elles toutes absorbées par la chlorophylle? Pour le savoir, il faut faire l'étude du spectre de cette substance, et voir quelles sont les bandes d'absorption qu'il présente. Cette étude a été faite avec soin par plusieurs observateurs, surtout par M. Kraus (1). Le spectre obtenu après le passage de la lumière au travers d'une dissolution alcoolique de chlorophylle fraîchement préparée présente dans le rouge

(1) Kraus, *Sitzungsberichte der phys. med. Soc. in Erlangen*, juin et juillet 1871.

une bande d'absorption très nettement limitée, d'un noir absolu, qui s'étend depuis la raie B jusqu'au delà de la raie C. C'est la bande d'absorption la plus nette et la plus caractéristique de la chlorophylle. Trois autres bandes beaucoup plus étroites et moins intenses sont situées dans l'orangé, le jaune et le jaune vert; enfin trois autres larges bandes absorbent presque complètement les rayons bleus et violets du spectre. M. Kraus a constaté qu'on observait les mêmes bandes d'absorption en faisant passer la lumière à travers les feuilles vivantes des plantes les plus diverses; c'était là un point très important à constater.

Il résulte de cette étude, avec la plus parfaite évidence, que les rayons absorbés par la chlorophylle, c'est-à-dire les radiations correspondant aux raies d'absorption que nous venons de déterminer, pourront seuls agir. La décomposition de l'acide carbonique se fait aux dépens de la force vive calorifique des rayons absorbés; ceux qui passent à travers une feuille verte sans se modifier n'auront aucune influence. Mais alors comment nous expliquer les expériences citées plus haut, cette coïncidence parfaite entre la courbe des actions chlorophylliennes et celle des éclats lumineux? Nous ne devrions pas avoir un maximum unique, mais autant de maxima différents qu'il y a de raies d'absorption.

Il faut tout d'abord remarquer que ces anciennes expériences sont assez contradictoires et que, sauf celle de M. Pfeffer, aucune d'elles ne présente des résultats bien nets. D'autre part, certaines expériences, dont on n'a tenu aucun compte (comme celles de M. Müller par exemple), présentaient des actions maxima pour les radiations qui correspondent aux bandes d'absorption. Quant aux expériences de M. Pfeffer qui ont servi de fondement à la loi énoncée plus haut, on peut leur adresser de sévères critiques lorsqu'on les examine avec attention. Dans celles qui sont faites au moyen de liquides colorés, l'auteur allemand détermine la part qui revient à chaque radiation, d'une façon qui n'est pas toujours inexacte; dans celles qui ont été faites directement avec le spectre, il opère avec des

plantes aquatiques, en comptant simplement le nombre de bulles d'oxygène émises dans un temps donné par la tige de la plante; c'est là un procédé de dosage très contestable.

C'est en 1877 qu'ont paru les résultats d'expériences très précises sur cette question, poursuivies pendant plus de deux ans par M. Timiriazeff (1). M. Timiriazeff a d'abord vérifié (ce qu'on n'avait jamais constaté nettement avant lui) qu'une lumière même très intense qui a traversé une épaisseur suffisante de chlorophylle ne détermine plus aucune assimilation du carbone dans une feuille verte; une semblable lumière, si intense qu'elle soit, est obscure pour l'action chlorophyllienne; cela se comprend parfaitement puisqu'elle se compose de rayons qui ne peuvent être absorbés. Le jeune savant russe a ensuite placé dans un spectre très pur une rangée d'éprouvettes renversées sur le mercure. Ces éprouvettes contenaient de l'air atmosphérique avec 5 pour 100 d'acide carbonique et un fragment de 10 centimètres carrés taillé dans une feuille de bambou; ces fragments recevaient la lumière de la même manière, des écrans couverts de noir de fumée isolaient les éprouvettes les unes des autres et empêchaient une radiation d'influer par diffusion sur les éprouvettes voisines. Ces éprouvettes étaient laissées à la lumière du spectre pendant six à dix heures, par de belles journées de juillet. On faisait ensuite l'analyse des gaz dans chacune d'elles. Par exemple, pour l'expérience disposée comme nous venons de l'indiquer, avec des feuilles de bambous, six séries successives d'opérations donnèrent des résultats absolument concordants. M. Timiriazeff a ainsi trouvé plusieurs maxima pour l'action chlorophyllienne. Le plus considérable correspondait exactement à la raie caractéristique de la chlorophylle, à cette bande si nette et si absolument obscure que nous avons vue située dans le rouge entre les raies B et C; puis un second beaucoup moins grand situé dans l'orangé, un autre dans le jaune, enfin un beaucoup plus

(1) Sur la décomposition de l'acide carbonique dans le spectre solaire par les parties vertes des végétaux. *Comptes rendus*, t. LXXXI, p. 1236 (1877).

faible dans le jaune vert. Le rouge extrême, même très près de la raie B, et toutes les autres couleurs, ainsi que la partie infra-rouge et ultra-violette, ne donnent aucun dégagement d'oxygène. Au contraire, on constate le plus souvent dans ces éprouvettes une proportion beaucoup plus forte d'acide carbonique produit par la respiration du protoplasma, qui, comme on le sait, absorbe de l'oxygène et émet de l'acide carbonique aussi bien chez les végétaux que chez les animaux.

Ces résultats nous paraissent déjà plus clairs ; ce sont seulement les rayons absorbés qui agissent ; mais pourquoi seulement ceux des quatre bandes d'absorption situés dans la partie la moins réfrangible ? Comment se fait-il que les trois larges bandes d'absorption situées dans le bleu et le violet ne correspondent pas à des radiations actives ? C'est que, pour que la radiation agisse, il est nécessaire qu'elle ait été absorbée ; mais cela n'est pas suffisant. Il faut encore qu'elle ait une intensité calorifique assez considérable, puisque nous savons que l'acide carbonique exige pour se décomposer une grande quantité de chaleur. On peut donc prévoir que les rayons les plus actifs sont ceux qui, possédant le plus de force vive calorifique, seront en même temps absorbés par la chlorophylle. Si nous comparons alors les résultats que nous venons d'énoncer à la courbe des intensités calorifiques données par Herschell, nous devons nous expliquer cette inégalité dans le pouvoir des diverses radiations absorbées. Or, si nous faisons cette comparaison, nous ne serons que très médiocrement satisfaits du résultat. En effet, la courbe d'Herschell, qui a son maximum dans la partie obscure infra-rouge du spectre, s'abaisse brusquement dans le rouge et est déjà sensiblement nulle pour les trois bandes de la chlorophylle, du jaune et du vert, qui nous ont donné une action sensible.

Mais c'est que cette courbe des intensités calorifiques données par Herschell a été déterminée comme si on avait un spectre dont la loi de dispersion fût la proportionalité des longueurs d'onde aux déviations. Ce n'est pas le cas pour le spectre produit par un prisme ou un système de prismes, comme l'a

montré clairement M. Lundquist d'Upsal (1). M. Mouton a récemment repris la question (2) en la traitant par le calcul et par l'expérience. Il a montré que si D est l'ordonnée de la courbe d'Herschell, $d\delta$ l'accroissement de la distance δ à l'origine, $d\lambda$ l'accroissement correspondant de la longueur d'onde, il faut multiplier par $d\lambda$ l'ancienne ordonnée D pour avoir la valeur de l'intensité calorifique en un point. On a $i = D \frac{d\delta}{d\lambda}$

Si maintenant nous comparons les résultats donnés par M. Timiriazeff : d'une part au spectre d'absorption de la chlorophylle, d'autre part à la nouvelle courbe des intensités calorifiques déterminée expérimentalement par M. Mouton, nous verrons que les radiations correspondant à la raie caractéristique de la chlorophylle sont les plus complètement absorbées et en même temps d'une très grande intensité calorifique; les trois suivantes sont encore de très grande intensité, mais sont moins absorbées; enfin, celles qui sont situées dans le bleu et le violet ont une intensité calorifique plus faible; nous verrons d'ailleurs plus loin que l'action chlorophyllienne est masquée dans cette région pour une autre raison. Le maximum d'intensité calorifique ne ne se trouve plus dans cette nouvelle courbe dans la partie obscure infra-rouge, il est reporté dans la partie lumineuse du spectre au-delà de la raie D.

Mais, dans tous les raisonnements que nous avons pu faire *a priori* sur l'influence des diverses radiations, nous avons laissé de côté l'action qu'elles pouvaient avoir sur l'existence même du protoplasma ou de la chlorophylle, et nous savons que la réaction chimique ne se produira plus si l'une de ces deux matières est altérée. M. Pringsheim, dans les importants travaux qu'il vient de publier sur la composition et le rôle de la chlorophylle (3), s'est occupé de cette question. Lorsqu'on étudie

(1) *Poggendorf's Annalen*, t. CLV, 1875.

(2) *Comptes rendus*, 1879, 4 août.

(3) Pringsheim, *Uber Lichtwirkung und Chlorophyll.* Monatsb. der K. Akad. d. Wiss. Berlin, juillet 1879. — *Uber das Hypochlorin, etc.* Monatsb. der K. Akad. d. Wiss. Berlin, novembre 1879.

l'influence des diverses radiations, soit au moyen de liquides colorés, soit au moyen du spectre, on n'a jamais de lumière très intense; et, dans ce cas-là, nous avons vu que les rayons les plus intenses sont en effet les plus actifs; car ni le protoplasma ni la chlorophylle n'ont souffert d'une trop grande lumière. M. Pringsheim opère de façon à observer une cellule vivante, un grain de chlorophylle même, placé dans une lumière très intense. Il concentre la lumière sur le fragment de tissu qu'il observe au moyen d'une lentille de 6 centimètres de diamètre.

Il a ainsi trouvé qu'au-delà d'une certaine intensité la lumière détruisait la chlorophylle, mais seulement dans un milieu où se trouve de l'oxygène; c'est par un phénomène de combustion indépendant de la décomposition de l'acide carbonique que la chlorophylle est détruite en ce cas. On peut suivre au microscope le phénomène dans tous ses détails. Voici donc surgir une nouvelle difficulté; mais ce fait ne fournit aucune objection aux résultats précédents, car jamais l'intensité des rayons qu'on a fait agir n'y a atteint celle des radiations qui ont détruit la chlorophylle dans les expériences de M. Pringsheim. Il résulte simplement de ces intéressantes observations qu'il ne faut pas dépasser une certaine limite quand on opère en présence de l'oxygène ou de l'air atmosphérique; car, la chlorophylle étant détruite, il n'y aurait plus d'action assimilatrice possible.

Un autre point a été laissé complètement de côté dans toutes les expériences précédentes. Nous avons jugé de l'intensité d'action chimique de la matière verte en présence de la lumière par le volume d'oxygène formé; mais en réalité nous n'observions qu'une résultante de deux actions contraires. Pendant que la décomposition de l'acide carbonique se produit, la respiration continue à absorber de l'oxygène et à produire de l'acide carbonique. Les auteurs précédents ont implicitement supposé que cette respiration était constante pour toutes les radiations obscures ou lumineuses, parce qu'elle se produit aussi bien la nuit que le jour; mais en réalité cela n'est pas exact. Quoique des recherches très précises n'aient pas encore été faites sur ce sujet, il est certain que la respiration est iné-

gale pour les différentes radiations. On a déjà observé, en étudiant la respiration des infusoires, que l'acide carbonique est dégagé en plus grande quantité quand ces animaux microscopiques sont exposés à la lumière violette que lorsqu'ils sont éclairés par les rayons moins réfrangibles. M. Pringsheim vient, du reste, de montrer dans ses nouvelles recherches que ce sont surtout les rayons au-delà du bleu qui ont une action respiratoire énergique ; c'est ainsi que nous pouvons nous expliquer pourquoi l'on n'a pas constaté le moindre dégagement d'oxygène chez les végétaux verts placés dans le bleu et le violet du spectre ; l'action chlorophylienne y est plus que contrebalancée par l'action respiratoire inverse. Il aurait donc fallu séparer les deux actions contraires dans toutes les expériences précédentes pour obtenir des résultats vraiment exacts ; il y aurait là une étude comparative à faire pour vérifier les résultats acquis. D'autre part, cette action de la lumière sur la combustion respiratoire offre aussi un très grand intérêt ; car au-delà d'une certaine intensité, plus faible que celle pour laquelle la chlorophylle se détruit, le protoplasma est tué par la lumière, sans doute par suite de cette combustion respiratoire trop rapide.

On vient de le voir, la question des influences qui favorisent ou arrêtent la fonction assimilatrice était très mal connue ; elle n'a été résolue qu'en partie. Celle de la composition chimique de la chlorophylle était aussi obscure ; elle a fait de plus grands progrès que la première. On ne savait presque rien de la composition élémentaire de cette substance ; les matières dont on faisait l'analyse avaient été souvent altérées ultérieurement, soit par une oxydation, soit par l'action des réactifs employés. Cependant, d'une façon générale, on admettait, on enseignait même qu'elle contenait du fer. On attribuait à ce fer sa couleur verte ; on la comparait à l'hémoglobine des animaux, qui contient aussi du fer ; on rappelait à ce sujet le verdissement artificiel des plantes, obtenu en les arrosant avec des sels de fer, etc.

M. A. Gautier est parvenu, en 1877, à préparer la chlorophylle pure et cristallisée, tandis que, quelque temps après,

M. Hoppe-Seyler la découvrait de son côté (1). M. Gautier obtient cette chlorophylle cristallisée en traitant la dissolution alcoolique de chlorophylle par le noir animal ; le charbon retient la matière colorante, et la liqueur jaunâtre renferme les autres substances (pigments, graines, matières cireuses) qui avaient été dissoutes avec la chlorophylle.

En même temps que de la chlorophylle, le noir animal s'est emparé d'une substance jaune cristallisable qui avait été déjà signalée. On l'enlève au moyen de l'alcool à 65 degrés. On verse alors de l'huile légère de pétrole sur le charbon ainsi dépourvu de la matière jaune, et on obtient une liqueur verte très foncée. Si l'on fait évaporer lentement cette liqueur à l'obscurité, on voit apparaître la chlorophylle cristallisée.

C'est une substance un peu molle, d'un vert intense, lorsqu'elle vient d'être préparée. Elle cristallise en petites aiguilles aplaties, souvent rayonnantes, qui appartiennent au système clinorhombique. Elle est soluble dans l'éther, le chloroforme, le pétrole, le sulfure de carbone et la benzine. Quand on met cette chlorophylle cristallisée dans de l'acide chlorhydrique concentré et chaud, on obtient le dédoublement déjà signalé par M. Frémy. Il se produit alors deux substances : l'une, vert olive, qui reste soluble dans l'acide chlorhydrique, c'est l'acide phyllocyanique ; l'autre, qui se dissout en brun dans l'alcool chaud et peut être séparée par cristallisation, c'est la phylloxyanthine. M. Gautier a constaté (contrairement aux résultats, généralement admis, donnés par Verdeil et Pfaundler) que la chlorophylle pure *ne renferme pas la moindre trace de fer*. En déterminant la composition élémentaire de cette substance, M. Gautier a obtenu le résultat suivant :

Carbone	73,97
Hydrogène	9,80
Azote	4,15
Oxygène	10,33
Phosphates, cendres	1,75

M. Hoppe-Seyler, de son côté, avait trouvé pour la chloro-

(1) M. Trécul l'avait aperçue dans des préparations de tissus végétaux, en 1865, mais sans en indiquer ni la composition, ni la préparation.

phylle cristallisée une composition très voisine de celle-là.

C'est une des substances cireuses, traitée par M. Gautier comme une impureté au point de vue de la chlorophylle, que M. Pringsheim vient d'isoler tout récemment par l'action de l'acide chlorhydrique. Il la nomme l'*hypochlorine;* c'est un dissolvant de la chlorophylle, avec laquelle on peut la confondre facilement. Elle se présente sous la forme d'une substance oléagineuse cristallisable; on ne l'a pas encore obtenue à l'état de pureté parfaite. Pour l'apercevoir, il suffit de traiter par l'acide chlorhydrique étendu des cellules vertes au microscope; on voit de fines gouttelettes qui se réunissent ensuite en gouttes pâteuses; puis la structure de cette substance devient peu à peu cristalline et enfin prend la forme d'aiguilles rouge brun. C'est une substance huileuse soluble dans l'alcool, l'éther, l'essence de térébenthine, la benzine, insoluble dans l'eau et les solutions salines, très riche en carbone. Nous verrons plus loin que M. Pringsheim attache une grande importance à l'hypochlorine. Il a rencontré cette substance dans tous les grains de chlorophylle, excepté dans ceux des Algues, où la chlorophylle est associée à des pigments spéciaux rouges, bruns ou bleus.

En somme, la composition des grains de chlorophylle et celle de la chlorophylle elle-même sont maintenant beaucoup mieux connues. Voyons si nous pourrons en dire autant du rôle réel qu'elle joue dans l'assimilation, de la manière dont se font cette assimilation du carbone et les assimilations ultérieures qui concourent à la formation des différents corps organiques dans la plante.

On avait remarqué que très souvent, au milieu des grains de chlorophylle et seulement lorsque l'action assimilatrice a lieu, on observe de petits grains d'amidon, dont le volume allait généralement en grossissant à mesure que l'action assimilatrice continuait. On en avait conclu que l'amidon devait être un des premiers corps formés après l'assimilation, par suite d'une combinaison de l'eau de la cellule avec le carbone assimilé.

D'où, en prenant cet amidon pour point de départ, on avait imaginé les formations successives de la dextrine, du glucose, de la cellulose, etc.

Pour M. Pringsheim, c'est l'hypochlorine, dont nous venons de parler, qui représenterait le premier produit de l'assimilation du carbone. Sa présence plus constante dans les grains de chlorophylle, son oxydation plus facile encore que celle de la chlorophylle, où l'amidon manque souvent d'une manière totale, sa formation toujours antérieure à celle de l'amidon dans le cas où les deux corps se forment, sont les raisons que donne le savant auteur allemand en faveur de cette idée.

M. Pringsheim a cherché quel était l'ordre d'apparition de l'hypochlorine et de la chlorophylle. Citons une de ses expériences : on fait germer à l'obscurité des graines de diverses plantes (pois, lin, etc.) pendant le même temps; mais une partie de ces graines est laissée constamment à l'obscurité complète, tandis que quatre autres parties sont exposées à la lumière du soleil pendant des nombres d'heures différents : six heures, quinze heures, vingt heures, trente heures. On examine ensuite, par des réactifs, ces diverses plantes, pour y rechercher la matière verte et l'hypochlorine.

Les premières plantes germant à l'obscurité la plus complète n'ont donné aucune trace de chlorophylle ni d'hypochlorine. Celles exposées six heures à la lumière ont commencé à former un peu de matière verte sans hypochlorine; il n'y avait pas non plus trace de cette dernière substance dans les plantes laissées pendant quinze heures à la lumière et qui avaient verdi complètement. Celles exposées pendant vingt heures en présentaient une quantité à peine appréciable; enfin, les plantes qui avaient subi, pendant trente heures, l'influence de la lumière solaire étaient à la fois complètement verdies et riches en hypochlorine. Il résulte de là que l'hypochlorine se développe *après* la chlorophylle; que l'apparition de cette substance semble être une conséquence de celle de la matière verte, peut-être de l'assimilation qui se produit alors. Le physiologiste allemand a vérifié ce fait par d'autres expériences

encore; il a pu obtenir, par exemple, le verdissement de plantes dans la lumière diffuse peu intense, sans production d'hypochlorine. En ce cas encore, l'absence d'hypochlorine semble liée à l'absence d'assimilation d'oxygène, bien que la matière verte puisse se développer.

M. Pringsheim ajoute aussi, en parlant de l'hypochlorine, dans la note qu'il vient d'envoyer à l'Académie des sciences : « De tous les corps carbonés dont la production dans la plante a été attribuée plus ou moins directement à la décomposition de l'acide carbonique, c'est le seul que les Phanérogames en germant ne peuvent pas former sans l'aide de la lumière (1). »

M. Pringsheim émet là une proposition un peu trop absolue, car on trouve dans son dernier mémoire (2) que les Gymnospermes, les pins par exemple, qui en germant forment de la chlorophylle dans l'obscurité, forment aussi de l'hypochlorine dans l'obscurité la plus complète, sans qu'il y ait la moindre action assimilatrice. Ainsi, dans ce cas particulier, M. Pringsheim se contredit lui-même. Quoi qu'il en soit, la découverte de l'hypochlorine est certainement très importante ; mais cette substance, qui doit jouer un rôle considérable, semble plutôt liée à l'existence de la chlorophylle et à sa formation qu'à l'action assimilatrice du carbone.

M. Pringsheim va du reste beaucoup plus loin ; pour lui, la présence de la chlorophylle n'est en rien nécessaire à la décomposition de l'acide carbonique. Il suppose qu'elle sert simplement d'écran protecteur pour le protoplasma. Nous avons vu, en effet, plus haut que le protoplasma était plus facilement détruit que la chlorophylle et surtout par les radiations les plus réfrangibles (bleues et violettes). Or, d'après ce que nous avons dit du spectre d'absorption de la chlorophylle, tous ces rayons réfrangibles sont presque entièrement absorbés par elle. Dès lors, la chlorophylle, absorbant, en plein soleil, les rayons les plus nuisibles au protoplasma, fonctionnerait comme

(1) *Comptes rendus*, 1880, p. 161.
(2) *Ueber das Hypochlorin*, loc. cit., p. 21.

une sorte d'écran protecteur. C'est à ce rôle de régulateur dans la respiration du protoplasma que se bornerait la chlorophylle. Ceci nous semble encore une généralisation peut-être un peu trop hâtive. Quel est l'écran protecteur, le régulateur de la respiration chez les plantes dépourvues de chlorophylle, les Neottia, les Orobranches, les Champignons ? Comment toutes ces plantes et quelques variétés à feuilles blanches, pauvres en chlorophylle, supportent-elles les rayons solaires aussi bien que les autres? Leurs cellules sont cependant tout aussi remplies d'un protoplasma qui a les mêmes propriétés et qui n'est pas protégé d'une façon spéciale contre les actions lumineuses.

En outre, il n'y a pas que les rayons bleus et violets qui favorisent la respiration, la combustion du protoplasma. Nous avons vu que le rouge extrême, qui n'est pas arrêté par la chlorophylle, a une action très grande sur le dégagement d'acide carbonique par la matière vivante ; MM. Dehérain et Maquenne(1) viennent tout récemment de vérifier que les radiations obscures agissent d'une façon très intense aussi sur la fonction respiratoire. Pour que la chlorophylle soit un écran protecteur, il faudrait prouver qu'elle arrête aussi ces radiations.

M. Pringsheim nie que la chlorophylle joue un rôle quelconque dans l'action chimique de l'assimilation du carbone. Il est vrai qu'on ignore la nature de ce rôle, que la chlorophylle ne paraît pas altérée, usée pendant l'assimilation ; mais il n'est pas moins vrai qu'on n'a jamais observé la décomposition de l'acide carbonique de l'air par des cellules sans chlorophylle.

On voit donc qu'il reste encore bien des questions à résoudre sur cette importante fonction; les travaux publiés depuis trois ans en ont éclairci quelques-unes et en ont fait aussi surgir de nouvelles qui renversent sur beaucoup de points les idées reçues. Il est à souhaiter que les observations précises se multiplient et qu'on arrive à mieux connaître, dans ses parties essentielles, un des phénomènes les plus importants de la nature organisée.

(1) Sur la décomposition de l'acide carbonique. *Ann. des sc. nat.*, 6e *série*, IX, p. 47, et *Annales agronomiques*, octobre 1879, p. 416.

FLORULE BRYOLOGIQUE DE LA RÉUNION

ET

DES AUTRES ILES AUSTRO-AFRICAINES DE L'OCÉAN INDIEN

Par Émile BESCHERELLE.

(Deuxième partie.)

Gen. III. WEBERA Hedw.

Subg. Pohlia Sch.

W. grammophylla C. Müll., in litt. — Monoica, compacte cespitosa. Caulis brevis vix 1 cent. longus, curvatus, breviter ramulosus, basi nudus apice foliosus, ramis cuspidatis lutescentibus. Folia anguste lanceolata, sublinearia, obtusiuscula, superne dentata, costa cum apice finiente; cellulis longe hexagonis laxiusculis chlorophyllosis basi plerumque rectangularibus pellucidis. Flores masculi gemmacei inter folia caulina nascentes. Folia perichætialia caulinis breviora, acutiora. Capsula in pedicello 2-3 cent. longo rubello apice torto pendula, globoso-ovata, omnino subtiliter verrucosa, collo brevi, microstoma; operculo breviter apiculato. Peristomii dentes externi flavescentes læves erecto-patentes, interni in membrana carinata pertusa altiuscula grisea dentibus linearibus incrassatis apice coadunatis, ciliis rudimentariis consistentes.

Grande Comore : Boivin, mai 1850 (in herb. Mus. Par.).

Gen. IV. BRYUM Dill.

Subg. Bryum.

Sectio *Argyrobryum* C. Müll.

1. *B. subargenteum* Hpe, Linn., xxxviii, p. 213.
Madagascar : Borgen, n° 7.

2. *B. pendulinum* Hpe, l. c., p. 214.
Madagascar : Borgen, n° 8.

3. *B. penicillatum* Hpe, l. c., p. 215.
Madagascar : Borgen.

4. *B. argenteum* L.

Var. *lanatum*, ramis vix 5 mill. longis, julaceis, argenteis vel viridi-albicantibus; foliis obovatis concavis subito in pilum longum siccitate divaricatum protractis integerrimis, fere omnino decoloratis niveis, marginibus planis.

La Réunion : Bois-Marron, mai 1875, G. de l'Isle, n° 221.
Nossi-Comba : Marie.

Var. *submuticum*, ramis valde gracilioribus glaucis, foliis superioribus rotundatis valde concavis fere muticis vel in apiculum brevissimum acuminatis.
La Réunion : dans les charbonnières, Boivin (in herb. Mus. Par.).

Sect. *Apalodictyon* C. Müll.

5. *B. alteoperculatum* Besch. — Dioicum, gregarie cespitosum. Caulis simplex vel innovationibus ramulosus. Folia erecta lutescenti-viridia, ovato-lanceolata vel anguste obovata; integerrima vel rarius apice denticulata; margine revoluta; costa viridi in cuspidem plus minus longam excedente; cellulis anguste hexagonis mollibus utriculo primordiali impletis, basi infima elongate quadratis. Folia perichætialia breviora, sed basi latiora, apice acutiora. Capsula in pedicello unciali gracili superne curvato nutans vel horizontalis, breviter aut longe piriformis, sæpe urceolata, lævis, sordide ferruginea, cum operculo infra os strangulata; deoperculata aperta, collo plus minus longo siccitate corrugato; annulo fugaci; operculo magno rotundato alte convexo. Peristomii duplicis dentes externi lanceolati dense articulati, interni æquilongi valde hiantes, ciliis tribus appendiculatis.

La Réunion : G. de l'Isle.

Maurice : AUBERT DU PETIT-THOUARS (in herb. Mus. Par, sub *Mnio apiculato* P. Beauv.).

Par le port, cette espèce ressemble un peu au *B. erythrocarpum* d'Europe que les auteurs indiquent d'ailleurs à Madagascar; mais elle s'en éloigne par les feuilles entières à nervure dépassant beaucoup le sommet et à cellules plus étroites et plus longues, par la capsule presque toujours d'un roux ferrugineux, le plus souvent urcéolée ou piriforme, et enfin par l'opercule très fort faisant bourrelet autour de l'étranglement de la capsule.

6. *B. læte-nitens* C. Müll. in herbar. — Dioicum? Cespites dense compacti, subunciales. Caulis gracilis simplex vel innovando ramosus, laxe foliosus, inferne rubellus, superne clavato-acuminatus, pallide viridis, nitens. Folia erecto-patentia, remota, anguste elliptica, obtusiuscula, subintegra, costa flavo-viridi infra apicem evanida; cellulis laxiusculis elongate hexagonis, utriculi primordialis vestigio impletis, inferioribus rectangularibus pellucentibus, basi infima ad margines quadratis. Cetera?

Maurice : DE ROBILLARD, 1876 (Ex herb. GEHEEB.).

7. *B. Pomoniæ* C. Müll., Linn. XL, p. 244.

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT.

Sect. *Doliolidium* C. Müll.

8. *B. Mariei* Besch. — Dioicum, late cespitosum, habitu *B. Schweinfurthi* C. Müll. simile. Caulis brevis innovationibus pluribus brevibus lutescentibus sub flore femineo nascentibus ramosus. Folia comalia basi latiora, truncata, anguste lanceolata, tantum apice parce denticulata, marginibus flaccidis hic illic revolutis, e cellulis inanibus laxis areolata, costa lata in aristam longam subintegram excedente; folia ramea elliptica vel oblonga apice obtuse acuminata sed ut in caulinis longe aristata, cellulis utriculo primordiali repletis. Capsula in pedicello tenuissimo purpureo 10-15 mill. longo flexuoso horizontalis v. pendula, dolioliformis, sanguinea, basi tumida tuberculosa, medio strangulata, ore lato; operculo robusto breviter conico. Peritomii dentes externi lati cristati apice albidi te-

nuissime papillosi, dentes interni late lanceolati externis breviores plicati inter articulationes hiantes vel cruribus liberis, ciliis binis brevioribus appendiculatis.

Nossi-Bé : février 1877, sur les Ciments calcaires, MARIE.

Sect. *Eubryum.*

9. *B. leptospeiron* C. Müll., in Musc. Robill.—Dioicum, cespitosum. Caulis uncialis, summo tomentosus, ramis pluribus gracillimis 5-6 mill. longis viridibus ramosus. Folia ramea sicca in spiram gracilem torquescentia, superiora erecta, anguste ovato-lanceolata, medio majora, integerrima, margine basi ad apicem planum usque revoluta, costa viridi dein fusca in cuspidem brevem integram producta; cellulis rhombeis chlorophyllosis, basi infima quadratis. Flores masculi terminales gemmiformes; antheridia magna numerosa paraphysibus fere destituta. Capula in pedicello 3-4 cent. longo intense purpureo recto superne curvulo cylindrica, e collo angustiore incurva, perlonga, gracilis; operculo conico acute apiculato. Peristomium normale dentibus internis in membrana alte producta hyalinis, ciliis tribus appendiculatis.

Maurice : de ROBILLARD (Ex herb. DUBY et GEHEEB.).
Grande Comore : Boivin (in herb. Mus. Par.) *B. grammothecium* Müll. Mss.

Voisin des *B. campylothecium* Tayl., et *B. leptothecium* Tayl. La mousse des Comores, que M. Ch. Müller a appelée *B. grammothecium* (in litt.), ne diffère du *B. leptospeiron* que par des innovations plus longues, garnies de feuilles plus espacées et à nervure ornée au sommet de deux ou trois denticules.

10. *B. Auberti* Schgr., in Suppl. I, II, p. 132, tab. 80 sub *Mnio;* Brid., Bryol. I, p. 711, sub *Bryo.;* C. Müll., Syn. I, p. 262.—Hermaphroditum. Caulis 6-8 cent. altus, simplex vel sub flore innovans, flexuosus, purpurescens, remotifolius e basi tomentosus. Folia 6-8 mill. longa, sicca erecto-patentia, oblonga, basi angustiora, medio latiora, late acuminata, marginibus e basi ad medium revolutis supra subconvolutis, medio

argute serratis, costa lata cum apice evanida, cellulis perfecte rhombeis utriculo primordiali in molem ellipticam contractulam valde evoluto pulchre areolata, cellulis inferioribus rectangularibus. Flores hermaphroditi rosulati terminales, foliis intimis minoribus, costa infra apicem evanida, antheridiis numerosis crassis magnis clavatis, archegoniis paucis, paraphysibus longioribus cylindricis flavidis.

La Réunion : plaine des Chicots, Bory (herb. Cosson); Frappier (herb. Mus. Par.).

Maurice : Aubert du Petit-Thouars.

11. *B. erythrocaulon* Schgr., Suppl. I. II, p. 127, tab. 80, sub *Mnio;* Brid., Bryol. I, p. 711, et C. Müller, Syn. I, p. 262, sub *Bryo*. — Dioicum, dense cespitosum, lutescens. Caulis semiuncialis, simplex, basi nudus fuscus ex apice anguste foliosus, innovationes graciles unciales vel majores purpureas erectas remotifolias superne comose foliosas emittens. Folia caulina dissoluta, ramea erecto-patentia flexuosa, superiora comantia erecta, omnia e basi elongata angustiora subspathulata, acute acuminata, concava, medio complicata, limbo lato flavido marginata, marginibus inferne revolutis apice serratis, costa in cuspidem brevem lutescentem denticulatam excedente; cellulis rhombeis utriculo primordiali valde repletis, basilaribus rectangularibus multo longioribus Flores feminei in acumine caulis infra innovationem oriundi, foliis intimis lanceolatis valde minoribus longe cuspidatis denticulatis, archegoniis et paraphysibus flavis cylindricis numerosis.

Maurice : Commerson (in herb. Mus. Par.); Duisabo, 1838 (in herb. Montagne, sub *B. Auberti*); montagne de la Rivière Noire, Boivin.

12. *B. nanorrhodon* C. Müll., in Musc. Robill. — Caulis tenellus, tomentosus vix 1 cent. altus, purpureus, subnudus, superne rosulato-foliosus, sub apice pluribus innovationibus gracilibus 5-6 mill. longis prolifer. Folia comalia flexuosa

erecto-patentia vel patentia, acuminata breviter anguste et elongate spathulata, limbo plano flavidulo apice subtiliter denticulato marginata, costa vix excurrente; cellulis hexagonis elongatis mollibus, inferioribus prosenchymatosis utriculo primordiali persistente plus minus repletis. Cetera?

Maurice : DE ROBILLARD, 1876 (ex herb. GEHEEB).

13. *B. truncorum* Bory, in Brid., Bryol. I, p. 699; C. Müll., Syn. I, p. 254. — Dioicum. Caulis subuncialis erectus, inferne tomentosus ob folia destructa subnudus, apice in rosula densa foliosus, sub perichætio innovans. Folia viridia ascendendo majora, comantia erecto-flexuosa, elongate obovata, acuminata, tenuisssime serrulata, limbo lato lutescente marginata, marginibus ultra medium revolutis, costa valida in cuspidem longiusculam dentatam producta; cellulis rhombeis vestigio utriculi primordialis repletis, inferioribus quadratis parietibus rubris. Folia perichætialia breviora, lanceolata, cuspidata, denticulata. Capsula in pedicello circiter 4 cent. longo, inferne purpureo oblongo-cylindrica, pendula, dilute ferruginea, brevicolla; operculo longiusculo acute conico; annulo fugaci. Peristomii dentes generis, ciliis binis raro tribus brevioribus appendiculatis.

La Réunion : BORY, ex BRIDEL ; DUISABO, 1838 (herb. Montagne); G. DE L'ISLE, n° 308; Paul LÉPERVANCHE, 1877.

La mousse indiquée dans l'herbier de M. Geheeb, sous le nom de *B. campylopodioides* C. Müll., et récoltée à Maurice par M. de Robillard, paraît n'être qu'une forme stérile du *B. truncorum*.

14. *B. alpinulum* Besch. — Dioicum, dense cespitosum, rufo-viride, subsericeum. Caulis gracilis erectus vix 1 cent. altus, ætate rufus, innovationibus luteo-viridibus. Folia erecta, appressa, anguste lanceolata, subligulata, acuminata, tantum apice contractulo subtiliter denticulata, marginibus planis, costa in foliis vetustis rubella cum apice desinente; cellulis parce chlorophyllosis elongate hexagonis teneris, inferioribus

rectangularibus rubellis ; bulbillis rotundatis inter folia obsitis. Cetera ignota.

Nossi-Bé : Ankiabé, sept. 1879, MARIE ; Nossi-Comba, juill. (id.)

Subg. RHODOBRYUM.

15. *B. Commersonii* Schgr., Suppl. I, I, p. 134, tab. 80, sub *Mnio*; Brid., Bryol. I, p. 710; C. Müll., Syn. I, p. 249, sub *Bryo*. — Dioicus. Caulis simplex, 5 cent. altus sub apice 1-2 innovationibus æquilongis vel longioribus basi laxe tantum summo stellatim foliosis prolifer. Folia maxima (5 mill. lata, 8-10 mill. longa) remota, patentia, e basi longe angustissimà integra obovata spathulata, acute acuminata, e medio ad apicem cellulis angustis pellucidis submarginata serrata, costa valida in cuspidem brevem subintegram finiente ; cellulis basilaribus elongate rectangularibus, ceteris rhombeis crassis æqualibus pellucidis sed utriculo primordiali preditis. Folia perichætialia externa ovato-acuminata acutiora dentibus majoribus subspinosis serrata, intima valde minora lanceolata basi lata truncata longe cuspidata serrata marginibus revolutis medio involutis; archegoniis numerosissimis longe stipitatis, paraphysibus minoribus clavatis.

La Réunion : COMMERSON, RICHARD (in herb. Mus. Par.).
Maurice : sur la terre, à Curepipe, A. DARNTY (ex herb. SCHIMPER, sub *Bryo umbraculo* Burch.).

Les échantillons, très rares d'ailleurs, récoltés par Richard ont les tiges plus grêles, plus longues et garnies de feuilles plus espacées entre elles que celles des échantillons de Commerson. Il est étonnant qu'une aussi belle espèce ait échappé aux recherches de Boivin et de MM. G. de l'Isle et P. Lépervanche.

16. *B. giganteum* Hook., in Schgr., Suppl. II, II, I, tab. 158; C. Müll., Syn., I, p. 248; Dozy et Molk., Bryol. Jav., tab. CXXI.

La Réunion ; BELANGER, 1828 (in herb. ROUSSEL, sub *B. umbraculo* Burch.

Diffère au premier abord du *B. Commersonii* par ses tiges simples, nues et souvent garnies au sommet de feuilles en rosette et par ses feuilles bordées de dents géminées; s'éloigne du *B. umbraculum* par ses feuilles presque planes à dentelure différente et par ses pédicelles agrégés.

17. *B. laxiroseum* C. Müll., Linn. XL, p. 243.

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT, n° 1847.

Subg. ANOMOBRYUM Sch.

18. *B. laceratum* Besch. — Dioicum, caulis vix 1 cent. altus, furcatus vel apice fasciculato-ramosus, julaceus, dense imbricato-foliosus, pallide vel viridi-aureus. Folia ovali-oblonga vel late elliptica, concava, late acuminata sæpe lacerata, medio punctato-denticulata, costa infra apicem subrecurvum evanida; cellulis vermicularibus ad infimam basin quadratis latioribus hyalinis. Folia perichætialia intima ovali-lanceolata cuspidata integerrima, costa excurrente, marginibus revolutis. Capsula in pedicello 15-20 mill. longo obliqua vel horizontalis, anguste piriformis, brevicolla, badia; annulo lato composito; operculo convexo mammillato. Peristomii dentes interni externis longiores ad apicem usque valde hiantes, ciliis tribus brevibus sæpe indistinctis.

La Réunion : sur la terre, chemin de Salazie à Hellbourg, mai, 1875, G. DE L'ISLE, n° 161; LÉPERVANCHE.

Diffère du *B. julaceum* d'Europe par ses rameaux plus courts et plus grêles, par ses feuilles plus étroites, denticulées du milieu au sommet, lequel est un peu courbé en dehors, et par les feuilles périchétiales cuspidées, à marge révolutée et à nervure atteignant la pointe.

Var. *comorense* : foliis oblongis, obtusis, muticis.

Grande Comore : BOIVIN, stérile entre les frondes de *Marchantia*, mai 1850.

19. *B. auricomum* Besch. — Dioicum, inter *B. argenteum* et *B. julaceum* medium tenet. Caulis elongatus filiformis, laxe foliosus, subsimplex. Folia luteo-aurata nitentia, laxe imbricata, sensim elongate obovata, acuminata, in cuspi-

dem longam hyalinam producta, integerrima laxe et tenuiter reticulata; cellulis ad basin rotundam margines versus quadratis utriculo primordiali persistente repletis; costa infra apicem evanida. Folia perigonialia ovato-acuta; folia perichætialia apice magis acuminata, costa rubella. Capsula (immatura) ovata, breviter operculata. Cetera desunt.

La Réunion : associé au *Funaria calvescens*, RICHARD.

Gen. V. MNIUM L.

M. australe Besch.—*M. undulatum* Brid., ex parte.—*M. undulato* simile, sed surculi longissimi semipedales; folia remota e cellulis latioribus reticulata, margine e 4 seriebus cellularum composito, dentibus longis aculeatis haud obtusis serrata; capsula rugosa, operculo breviore.

La Réunion : plaine des Fougères, LÉPERVANCHE, 1839 (herb. THURET); rive droite du bras Piton, plaine des Palmistes 1875, G. DE L'ISLE; Pottier (in herb. Exp. perm. des colonies).

Ténériffe.

Fam. III. RHIZOGONIEÆ.

Gen. RHIZOGONIUM Brid.

1. *R. spiniforme* Brid., Bryol. univ., II, p. 557 sub *Hypno*; C. Müll., Syn I., p. 175 sub *Mnio*.

La Réunion : RICHARD, BOIVIN, LÉPERVANCHE, G. DE L'ISLE.

Cette mousse, une des plus communes de la partie intertropicale du globe, présente d'assez nombreuses variations dans la couleur des feuilles, qui passe du vert pâle au roux ferrugineux; dans la disposition des tiges, qui sont tantôt simples, tantôt divisées en deux, et dans l'inflorescence, qui est le plus souvent hermaphrodite, mais quelquefois monoïque.

Var. *brevifolium*, caulibus brevibus simplicibus, foliis minoribus.

La Réunion : Salazie, LÉPERVANCHE, 1839. (In Herb. THURET).

Var. *Comorense*, C. Müll., folia parum breviora et angustiora, e cellulis valde chlorophyllosis magis rotundatis areolata, dentibus chlorophyllosis dupliciter serrata.

Comores : Anjouan, BOIVIN, mai, 1850 (in Herb. Mus. Par.); HILDEBRANDT, 1875, n° 1810.

Var. *Acunhense*, caulis brevior vix uncialis apice pluries ramosus fuscescens, foliis brevioribus linearibus.

Maurice? AUBERT DU PETIT-THOUARS (in Herb. mus. Par.).

L'étiquette indique *Maurice* et porte écrit de la main de du Petit-Thouars : *Bryum elongatum* N., qui est précisément la mention inscrite sous le n° 51 de la flore de *Tristan d'Acunha* Il est donc probable que cette mousse est étrangère à Maurice.

2. *R. mauritianum* Hpe, in herb. Geheeb. — Dioicum, humile, laxe cespitosum, pallide viride vel ætate fuscescens, basi tomentosum. Caulis simplex vix uncialis, gracilis, apice attenuatus incurvus. Folia remota, linearia, erecta, subsecunda, madida curvula, basi integra dein dupliciter dentibus brevibus hyalinis serrata, costa evanida serrata; cellulæ virides quadratæ parietibus flavidis inconspicuis. Folia perichætialia ovato-lanceolata, superiora erecta minora, inferiora ovata brevissima aurea vix dentata. Perigonia gemmacea ovata, foliis ovato-lanceolatis inferioribus vix dentatis, superioribus caulinis similibus sed minoribus; antheridia plura paraphysibus cylindricis mixta. Capsula in pedicello 4-5 cent. longo pallide rubello basi geniculato ovata, lævis; operculo longo curvato apice clavato-apiculato.

La Réunion : RICHARD; plaine des Fougères, 1839, LÉPERVANCHE (Herb. THURET).

Maurice : Montagne du Pavillon, BOIVIN, 1847 (Herb. Mus. Par.); VESCO, 1850 (*ibid.*); DE ROBILLARD (in Herb. GEHEEB.)

Diffère de la précédente par son port beaucoup plus robuste, par ses tiges courtes et son inflorescence dioïque.

3. *R. Pervilleanum* Besch. — Monoicum? dense breviterque cespitosum, sordide viride vel fusco-nigrescens. Caulis

erectus, gracilis, vix uncialis e medio plerumque ramosus. Folia madida erecto-patentia, sicca subappressa, apice incurva vel subsecunda, basi ovata elliptico-lanceolata, brevia, acuminata haud cuspidata, e medio dupliciter serrata, costa dorso serrata cum apice evanida. Folia perichætialia inferiora concava ovata subito cuspidata simpliciter serrata, superiora longius ovata acuminata plus minus dentata, intima brevissima ovata integerrima. Capsula in pedicello flexuoso 5-6 cent. longo inclinata. Cetera ut in *R. spiniformi.*

Madagascar N. O. : PERVILLÉ (in Herb. Mus. Par.)

Se rapproche du *R. medium* Nob., de la Nouvelle-Calédonie, par le port, la couleur et la forme des feuilles caulinaires, mais en diffère complètement par les feuilles périchétiales.

Fam. IV. BARTRAMIEÆ.

Gen. I. CRYPTOPODIUM Brid.

C. Jamesoni Tayl.; *C. Hookeri* Hpe; *Bartramia viridissima* C. Müll., Syn. I, p. 496.

Var. *borbonicum,* foliis caulinis basi angustioribus.

La Réunion : FRAPPIER (Herb. Mus. Par.)

Nous n'avons trouvé qu'un seul échantillon de cette mousse dans les collections du Muséum ; vient-il bien de La Réunion?

Gen. II. BARTRAMIA Hedw.

S° *Vaginella.*

B. vulcanica Brid., Bryol. univ. II, p. 37; C. Müll., Syn. — Hermaphrodita. Caulis uncialis vel major, tomentosus, ramis crassis ramosus, inferne ferrugineo-nigrescens, superne glauco-viridis vel ætate aureus. Folia dense conferta, erecto-patentia, basi late et longe vaginantia albicantia e cellulis elongatis hyalinis reticulata, subito in subulam acutissimam setaceam producta, marginibus e parte angustiore tenuissime serrulatis papillosis, costa fere totam subulam occupante; cellulis quadratis papillosis, superioribus obscuris vix conspi-

cuis. Folia perichætialia similia, capsulæ orificium fere attingentia. Archegonia longistyla, paraphysibus flavidis et antheridiis crassis elongatis mixta. Capsula in pedicello 2-4 mill. longo superne arcuato-adscendente terminalis vel ob innovationes pseudo-lateralis, erecta, magna, subglobosa, irregularis, striata, badia, ore obliquo, opercuo mamillato convexo. Peristomium nullum vel e membrana brevissima truncata compositum.

La Réunion : vieux cratères et grottes du volcan, Bory, 1802 (Herb. Cosson); Richard (Herb. Mus. Par.); cratère Commerson, G. de l'Isle, juillet, 1875; P. Lépervanche, 1877.

Gen. III. PHILONOTIS Brid.

P. tenellæ.

1. *P. Mauritiana* Angst., in Ofvers. af. K. Vet. 1873, p. 140. — Dioica. Cespites condensati tomento rufo intertexti fusco, vel luteo-virides. Caulis gracilis, laxe foliosus, tomentosus apice ramosus et innovans; ramis 5-6 mill. longis erectis fere æqualibus gracilibus. Folia caulina remota, erecto-patentia, ovato-lanceolata, longe acuminata, superne dupliciter serrata, dorso papillosa, margine leviter revoluta, costa excurrente papillosa; folia ramea minora obtuse acuminata. Folia perichætialia oblongo-lanceolata laxius areolata, dorso papillosa, costa longe excedente setacea denticulata. Capsula sæpe geminata in pedicello 20-25 mill. longo horizontalis, globosa, plicata, microstoma. Peristomium duplex normale.

La Réunion : Richard (Herb. Mus. Par.); sur les pierres de la Ravine Misère, G. de l'Isle, nº 106.

Maurice : Boivin (Hb. mus. Par.); Andersson (ex herb. Angström), de Robillard (ex herb. Dub).

Nous avions d'abord distribué la mousse de la Réunion sous le nom de *Philonotis polyclados* Nob.; mais un examen plus détaillé des échantillons du *P. Mauritiana* que nous devons à l'obligeance de feu M. Ang-

strom nous a permis de reconnaître que les deux mousses sont identiques.

2. *P. comorensis* C. Müll., in Linn. 1876, p. 245.

La Réunion : G. DE L'ISLE.

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT, n° 1811 (in herb. GEHEEB).

Nossi Bé : bords des ruisseaux de Nossi-Comba, BOIVIN (in Herb. Mus. Par).

3. *P. tenuicula* Hpe, Linn. XXXVIII, p. 210.
Madagascar : BORGEN.
4. *P. sparsifolia* Hpe. *l. c.*, p. 211.
Madagascar : BORGEN, n° 4.

5. *P. curvifolia* Besch. — Dioica, cespites late extensi, 5 cent. alti, fusco-virides. Caulis simplex, biuncialis, medio 3-4 innovationibus uncialibus erectis gracilibus iterum innovantibus superne tumidis curvulis divisus. Folia caulina curvula, subsecunda, lanceolata, apice obtuse acuminata, costa crassa sub apice evanida, serrulata, marginibus recurvis; cellulis laxis breviter rectangularibus papillosis. Folia perichætialia basi brevi ovato-lanceolata, cuspidato-attenuata, summo torta, plus minus denticulata, intima lævia subintegra angustiora. Cetera ignota.

La Réunion : Plaine des Fougères, sur les pierres baignées par l'eau des ruisseaux, LÉPERVANCHE, n° 32 (in Herb. THURET).

6. *P. luteo-viridis* Besch. — Dioica, cespites laxi unciales inferne ferruginei, superne luteo-virides. Caulis gracilis tomentosus, simplex, ramis 3-6 erectis tenellis 5 mill. longis radiantibus. Folia caulina erecta, late lanceolata, basi subcordata, cuspidata, papillosa, margine dentato-papillosa, e basi fere ad apicem recurva ob plicaturam ut duplicato-serrulata, costa excurrente papillosa, cellulis rectangulis chlorophyllosis ; folia ramulina breviora acuminata ; folia peri-

chætialia basi ovato-lanceolata, costa in cuspidem longam setaceam dentatam producta. Capsula in pedicello subunciali obliqua, minuta, globosa. Peristomium duplex normale. — Planta mascula gracilior femineis mixta, simplex, flore terminali vel ob innovationem unicam laterali minute discoideo, foliis internis concavis flavo-aureis squarrosis longe acuminatis serratis in parte angustiore revolutis, paraphysibus fuscidulis apice subclavatis.

La Réunion : bords des sources à Saint-Benoît, au-dessous de Bethléem, G. DE L'ISLE, n° 239.

Maurice : bord des ruisseaux près de Plaisance, DARNTY, juin, 1874 (in herb. SCHIMPER).

Très jolie petite espèce voisine du *P. laxissima* C. Müll., mais qui s'en éloigne sensiblement par les innovations plus courtes, plus grêles, dressées et d'un jaune verdâtre, par ses feuilles caulinaires plus allongées, par ses feuilles périchétiales plus longuement cuspidées, ainsi que par ses périgones plus distinctement discoïdes. Nous ne connaissons pas le *P. tenuicula* Hpe, de Madagascar, mais, d'après la diagnose qu'en donne l'auteur, notre plante s'en distinguerait par les feuilles périchétiales dentées et plus longues.

7. *P. byssiformis* C. Müll., in litt. — Pygmæa, byssoidea, luteo-viridis. Caulis simplex vel parce innovans, vix 3 mill. longus. Folia tenuissima, ovata, obtusa, dentibus rotundis apicibus prominentibus hyalinis serrata, obsolete papillosa, pellucide reticulata, costa ad medium evanida. Cetera?

Nossi-Bé ; HILDEBRANDT, avril, 1879 (Herb. C. MÜLLER.)

P. elatæ.

8. *P. perigonialis* Besch. — Habitu *P. molli* Dz. et M. similis. Dioica. Cespites late extensi juniores læte æruginosi, ætate lutescentes. Caulis plumosus elongatus, prostratus, mollis, densissime tomentosus, apice sub flore 2-5 ramis fasciculatis 10-15 mill. longis ramosus. Folia caulina erecto-patentia vel subsecunda, ovato-flexuosa longe cuspidata, marginibus e basi dentato-papillosis, medio ad apicem serrulatis, costa

longa setacea dentata papillosa. Planta mascula femineis mixta, major innovationibus 2 cent. longis ramosa ; foliis caulinis longioribus longe setaceis, foliis perigonii latissimi discoidei terminalis patentibus squarrosis sæpe reflexis longissimis loricatis basi valde concavis subcostatis supra ad usque apicem serrulatis dorso papillosis, cellulis lævibus hexagonis decoloratis laxis; antheridiis crassis numerosis, paraphysibus longioribus flavidis clavatis apice dense articulatis. Folia perichætialia caulinis majora oblonga, in cuspidem longissimam setaceam producta, basi laxe reticulata, tantum apice papillosa marginibus superne dentatis. Capsula in pedicello circiter 5 cent. longo purpureo inclinata vel nutans, magna, timmioidea, plicata, sub ore constricta. Peristomii generis dentes externi siccitate erecti, humore recurvi, late lanceolati rufi e membrana pallida supra capsulæ orificium orti, interni flavidi granulosi.

La Réunion : Frappier (in Herb. Mus. Par.); Pas de Belcombe, P. Lépervanche, 1877.

Très semblable par le port au *P. mollis* Dz. et M., de Java, mais très remarquable par ses larges périgones discoïdes vert pâle garnis de feuilles loriformes étalées.

Forma *procerior*, caule longiore, foliis laxe imbricatis patentibus longius setaceis.

La Réunion : plaine des Fougères, Lépervanche, 1839 (Hb. Thuret).

9. *P. submarchica* Besch. — *P. marchicæ* satis similis, sed caulibus rigidioribus subsimplicibus apice gemmaceo-acutis, foliis caulinis longius setaceis rigidis, foliis perigonialibus erectis differt.

La Réunion : stérile, sur les pierres humides des ruisseaux, Lépervanche, 1839 (in herb. Thuret).

Gen. IV BREUTELIA Sch.

1. *B. gnaphalea* P. Beauv., in Ætheog. p. 64, sub *Hypno*? Bridel, Bryol. II, p. 35 sub. *Bartramia arcuata*; Schgr., Sp. nov., p. 97 sub *Bartramia tomentosa*; C. Müll., Syn. I p. 489, sub *Bartramia*. — Dioica. Caulis erectus 10-15 cent. altus divaricatus, ramulis pinnatis plus minus patentibus flaccidis gracilibus decrescentibus superioribus stellatim congestis, rufescens, tomento rufo copiose obtectus. Folia caulina imbricata, squarrosa, e basi latiora erecta arcte vaginantia, ovato-lanceolata, subito patentia, plicata, costa dorso papillosa in subulam acutam longam excedente, marginibus ad medium usque revolutis denticulato-serratis; cellulis anguste rectangularibus papillosis. Flores masculi in apice caulis congesti, gemmacei, foliis late ovatis apice latissimis squarrosis acuminatis, margine decolorato membranaceo inciso-serratis. Antheridia crassa numerosa paraphysibus fuscis subclavatis mixta.

La Réunion: plaine des Chicots, Bory (herb. Cosson); sur la terre humide, au point le plus élevé de la plaine des Fougères, avril, 1839, Lépervanche (herb. Thuret).

2. *B. gigantea* Brid., Musc., Suppl. (1806), p. 197, sub *Dicrano*; Schwgr., Suppl., 1, II (1816), p. 63, tab. 63, sub *Bartramia*; C. Müll., Syn. I, p. 489. — Dioica. Caulis erectus, firmus, robustissimus, 12-20 cent. longus, crassissimus, plerumque simplex interdum parce et breviter ramosus, tomentosus, apice stellatim foliosus, e centro rosulæ foliis pluribus erectis in pulvinulum cristatum congestis cuspidatus. Folia densissime conferta perlonga, basi breviter vaginantia, sensim dilatata, lanceolata patentia, squarrosa, rigidissima, in subulam latissimam cuspidatam tortam producta, supra basin ad apicem serrata, 4-plicata, rufula subnitentia; costa excurrente; cellulis anguste subdicranoideis papillosis. Cetera desunt.

La Réunion : lieux moussus ombragés de la plaine des Chicots, BORY (herb. Cosson) ; RICHARD (in SCHWGR. *l. c.*).

Une des plus belles mousses de La Réunion, remarquable par la grandeur de ses tiges ornées dès la base de grandes feuilles rousses étalées ; elle rappelle par son port l'élégant *Spiridens Reinwardtii* de l'île de Timor.

La mousse de Java à laquelle divers auteurs ont rapporté le *Breutelia gigantea*, offre des tiges beaucoup moins robustes et des feuilles plus courtes d'un jaune verdâtre glauque. La mousse de la Réunion n'ayant pas encore été trouvée en fructification, on ne saurait décider quant à présent si elle doit constituer une espèce distincte.

Trib. XII. POLYTRICHACEÆ.

Fam. POLYTRICHEÆ.

Gen. I. ATRICHUM P. Beauv.

A. borbonicum Besch. — Caulis uncialis basi paucifolius simplex interdum ramosus. Folia inferiora squamiformia, superiora longe ligulata, undulata crispa subtus spinosa, marginibus dupliciter crasse et acute serratis flavide limbatis, costa 2-5 lamellis obtecta. Capsula solitaria vel geminata in pedicello 15-20 mill. longo tortili rufo erecta, anguste cylindrica, longitudinaliter striatula, 5-7 mill. longa rufa subnitida. Peristomii dentes ligulati, membrana breviuscula rufa, in linea crassa rufescente notati, margine vix decolorati, submembranacei, subtiliter punctulati. Cetera desunt.

La Réunion : ravine du bras Piton, juillet 1875, G. DE L'ISLE, n° 37.

Échantillon unique dont il n'a pas été possible de constater le mode d'inflorescence ; tient le milieu entre l'*A. angustatum* d'Europe et l'*A. polycarpum* de l'Amérique du Sud ; diffère du premier par ses capsules plus fortes, son port plus robuste, et des deux par ses feuilles à dents plus serrées entre elles, plus fortes et plus aiguës.

Gen. II. POGONATUM Pal. Beauv.

Sect. *Aloidella* C. Müll.

1. *P. gracilifolium* Besch. — Dioicum. Caulis breviusculus vix 1 cent. 1/2 altus, basi subnudus apice dense foliosus. Fo-

lia inferiora appressa rigida, superiora ascendendo contorta, lanceolata, basi angusta hyalina, obtuse cuspidata, marginibus versus apicem involutis breviter serratis, costa lamellosa dorso serrata, cellulis inferioribus marginem versus angustis, ad costam latioribus 4-6 gonis, ceteris quadratis viridibus. Capsula solitaria vel geminata in pedicello 1-4 cent. longo rubello rigido vel flexuoso inclinata, ovato-cylindrica sub ore coarctata, lœvis, viridis; operculo longe curvirostro. Peristomium normale. Calyptra luteola defluens capsula longior,

La Réunion : Belous, G. de l'Isle, 1875; P. Lépervanche, 1877.

Se rapproche beaucoup, par le port, du *P. rufisetum* Mitt., de l'Himalaya; en diffère cependant par ses tiges simples plus courtes, ses capsules plus fortes et ses feuilles à base plus allongée.

2. *P.* (?) *madagassum* Hpe, Linn. XXXVIII, p. 216.
Madagascar : Borgen, n° 11.

Sect. *Catharinella* C. Müll.

3. *P. brachythecium* Besch. — Caulis ascendendo erectus basi foliorum vestigiis obtectus, 3-4 cent. longus, simplex, fusco-viridis. Folia lanceolato-ligulata, siccitate arcuata, dense lamellosa, marginibus e medio ad apicem paulo involutis breviter rufodentatis. Capsula in pedicello unciali apice semel torto inclinata, breviter turbinata, eurystoma, atro-rufa, subtiliter verrucosa sexplicata. Calyptra?

La Réunion : Frappier (in herb. Mus. Par.).

Diffère du *P. seminudum*, dont il rappelle le port, par la capsule plus courte, plus évasée et par les tiges presque dépourvues de feuilles jusqu'au milieu.

4. *P. Belangeri* C. Müll., Syn. I, p. 222 et 564.

Maurice : entre les pierres, au Mont Pouce, Bélanger †.

5. *P. convolutum* L. f. sub *Polytricho;* P. Beauv., Prod. p. 84; Brid., Bryol. II, p. 110; C. Müll. Syn. I, p. 213; —

Dioicum. Caulis 10-30 cent. longus, erectus vel flexuosus, rigidus, simplex vel furcatus vel apice in pluribus ramis fructiferis divisus, basi infima coriaceus trigonus subnudus tomentosus, supra foliis squamiformibus laxe appressis obtectus. Folia adscendendo majora siccitate circinata, humore patentissima fusco-viridia vel nigricantia, longissima (12 mill. vel ultra), lanceolata, basi breviter vaginantia, valde lamellosa, marginibus e medio ad apicem arcte involutis, dentibus validis sublobatis acutis pluricellulatis fuscis dense et maxime serrata, dorso superne spinosa; cellulis vaginæ longioribus quadratis vel obsolete hexagonis pellucidioribus, ceteris quadratis chlorophyllosis, parietibus pellucentibus. Folia perichætialia juniora externa erecta caulinis similia, interna minutissima erecta vaginantia lanceolata squarrosa apice obsolete lamellosa dentibus fuscis dentata, intima ligulata obtusa indistincte costata. Capsula terminalis in pedicello 25-40 mill. longo rigido vel flexuoso cylindrica vel ovato-cylindrica, cernua, sub ore majore coarctata 4-5-gona. Peristomii dentes purpurei ferruginei, margine angusto pellucidi granulosi. Calyptra capsulam totam obtegens vel defluens, pallide ferruginea. — Planta mascula simplex femineis mixta pluries e centro prolifera, perigoniis discoideis magnis; folia costata lamellosa, externa e basi latissima caulinis superioribus breviora, obcordata subito lanceolata, valde lamellosa, serrata, intima breviora brevius acuminata dentata; antheridia numerosissima maxima elongata clavata paraphysibus paucis filiformibus vix apice clavellatis mixta.

La Réunion : COMMERSON (in herb. Mus. Par.); SONNERAT (ex Bridel); BORY (herb. DURIEU); RICHARD n°s 684 et 570; pentes de Salazie, au-dessus des thermes, LÉPERVANCHE 1839 (herb. THURET); lieux élevés et découverts, BOIVIN (herb. Mus. Par.); plaine des Palmistes, et près de la rivière des Marsouins, G. DE L'ISLE; sources de la rivière des Roches, Saint-Louis, P. LÉPERVANCHE.

Gen. III. — POLYTRICHUM Dill.

1. *P. appressum* Brid., Bryol. univ. II, p. 141 et 747; C. Müll., Syn. I, p. 219. — Caulis 15 cent. altus vel longior, teres, siccitate cum foliis appressis 4 mill. latus, nigricans, simplex, flexuosus, basi subnudus paucifoliatus tomentosus, apice in caulibus sterilibus dense foliosus conum brevem simulans. Folia sicca erecta dense imbricata appressa nigricantia, madida erecto-patentia, breviuscula, lanceolata vix carinata, apice scabriuscula, margine anguste albo-membranacea, integerrima vel in parte superiore vaginæ erosula, lamellis pluricellulatis apice depressis quadratis valde obtecta. Folia perichætialia longiora convoluto-vaginata, longe membranacea in cuspidem setaceam continua. Capsula in pedicello 5-6 cent. longo crasso vernicoso apice plicato erecta vel horizontalis, purpurea, tetragona, apophysi discoidea corrugata, operculo convexo-mamillato. Calyptra tomento rufo capsula longiore obtecta.

La Réunion : Bory (in herb. Cosson).

C'est sans doute par erreur que Bridel indique les feuilles comme étant dépourvues de membrane plissée; elles sont au contraire garnies de lamelles très nombreuses et très serrées les unes contre les autres.

2. *P. subappressum* Besch. — *P. appresso* simile. Caulis 20 cent. longus basi valde tomentosus. Folia longiora sicca flexuosa, madida inferiora erecto-patentia, superiora subpatentia, integerrima, brevi marginata, valde lamellosa, lamellis apice planis. Capsula in pedicello 20 cent. longo apice subarcuato horizontalis longior. Planta mascula longissima ex apice 4-5 iterum prolifer.

La Réunion : herb. Montagne, sub *P. elato* P. Beauv.

Se rapproche du *P. elatum* par le port, mais en diffère au premier abord par les feuilles à marge entière et membraneuse.

3. *P. glabrum* Brid., Musc. II, p. 85 et Bryol. II, p. 141; Schwgr., I, II, p. 311. — « Simillimum speciminibus prealtis

» *P. juniperini* differt foliorum margine non inflexo et carina, » apice tantum aliquomodo scabriuscula, non vero denticulis » serrata. Theca tetragona aliquot sulcis et numerosissimis » subtilibus lineis perpendicularibus exarata. Apophysis sphæ- » rico-depressa, paullum rugosa. Operculum convexum, mu- » crone brevissimo obtuso. *Polytrichum Apuleja* Comm. Mss. » (Schwgr. loc. cit.).

Bridel (*l. c.*) indique cette espèce comme ayant été récoltée par Commerson au mois d'août 1771, sur les montagnes les plus élevées de la Réunion, à la plaine des Cafres et dans les fossés desséchés où elle n'aurait pas été retrouvée depuis ; elle lui paraît obscure et il déclare même qu'elle aurait besoin d'être examinée de plus près. Parmi les nombreux échantillons de *Polytrichum* provenant de Commerson que possède le Muséum de Paris, nous n'avons rencontré aucune forme qui pût être rattachée au *P. glabrum*. Les mousses trouvées en août 1771 par Commerson et étiquetées par le collecteur, l'une : *Polytrix Apulejæ* Nobis, *à la plaine des Caffres dans les creux où l'eau s'est desséchée, en quantité, août* 1771; l'autre : *P. Apuleia* Nob; *celle-ci est de la plaine des Cafres, au-dessus des montagnes les plus hautes de Bourbon*, offrent des feuilles dentées en scie, espacées l'une de l'autre, et à bord un peu replié en dedans, de manière à masquer la serrature marginale. Ces caractères sont d'ailleurs propres au *P. remotifolium*, et il ne nous paraît pas douteux que les *P. glabrum* et *P. remotifolium* ne soient une seule et même espèce; par suite, le *P. glabrum* doit disparaître de la nomenclature.

4. *P. subpilosum* P. Beauv., Prod. p. 86; *P. Commersonianum* Brid., *l. c.* II, p. 153; *P. commune* L., C. Müll. (ex parte.) — *Polytr. communi* simile. Caulis 7-8 cent. altus vel longior, inferne subnudus, simplex, interdum apice bipartitus. Folia dense imbricata, appressa, basi brevi vaginantia, aurea, lanceolata, in cuspidem sordide albidam denticulatam producta, dentibus hyalinis brevibus serrata, marginibus incurviusculis, lamellis numerosissimis (in sectione) pluri-cellulatis apice subrotundis. Folia perichætialia longissima, erecta, membranacea, integra, in aristam albidam vix denticulatam continua. Capsula in pedicello 5-9 cent. longo rubello cubica, tetragona, erecta vel inclinata; operculo (in capsulis maturis) plano-convexo vix obtuse et breviter apiculato.

Calyptræ indumentum villosum inferne albidum, apice ferrugineum in uno latere infra capsulam dejectum.

La Réunion : COMMERSON (herb. Mus. Par.); plaine des Palmistes, 1875, G. DE L'ISLE, n° 316.

5. *P. remotifolium* P. Beauv., Prod. p. 86; Schwægr. I, II, p. 320 et II, II, p. 111; Brid., Bryol. II, p. 147; C. Müll., Syn. I, p. 222; *Polytrichum Apuleia* Comm., Mss., in herb. Mus. Par.; *Polytrichum glabrum* auctor. — Caulis 7-10 cent. longus, inferne nudus, superne copiose foliosus, simplex, gracilis, rufescens. Folia caulina inferiora breviora squamiformia remota, superiora siccitate appressa apice dejecta, humore erecto-patentia, basi obovata longe vaginantia, ad margines membranacea, subito lanceolata acutissime cuspidata subpilifera, apice sæpe canescentia, e parte angustiore dorsoque dentibus fuscis serrata, marginibus e medio paulo incurvis. Folia perichætialia 10-12 mill. longa, erecta, basi longius vaginantia latius membranacea, serrata. Capsula in pedicello 5 cent. longo rigido purpureo nitido erecta, inclinata, horizontalis vel raro nutans, ovato-cubica, tetragona, brevis, ætate atro-purpurea vel nigra; apophysi discoidea; operculo breviter et oblique mucronato, planiusculo. Peristomium breve e 64 dentibus flavidis compositum.

La Réunion : Plaine des Cafres, au-dessus des montagnes les plus élevées, août 1771, COMMERSON (in herb. Mus. Par., sub *P. Apuleia*); abondant dans les cavités où l'eau s'est desséchée. Id. (in hb. Mus. Par., sub *P. remotifolio* Schgr., et in hb. COSSON); plaine de la montagne du Piton Viller, 1812 (in herb. Mus. Par.).

Ile Maurice : COMMERSON (hb. Mus. Par.); BORY (herb. MOTELAY).

Espèce voisine des formes grêles du *Polytrichum commune* d'Europe; elle en diffère toutefois par ses feuilles caulinaires dressées par l'humidité, par ses feuilles périchétiales garnies de lamelles plus courtes, composées, vues en sections transversales, de 4-5 séries de cellules surmontées

d'une cellule apicale arrondie non bifide; le péristome, de couleur jaunâtre, est aussi, de même que les spores, de plus petite dimension.

6. *P. purpurans* Besch. — Caulis 10-12 cent. longus simplex vel infra apicem bifurcatus, basi infima villosa subnudus, foliis squamatis obtectus. Folia imbricata, flexuosa, madida patentia vel apice recurva, brevia (5 mill.), vaginantia, basi omnino purpurea squarrosa subito lanceolata, dentibus brevibus fuscatis serrata, dorso vix denticulata; costa lamellis numerosis haud bifidis in sectione transversaria, obtecta. Folia perichætialia 12-15 mill. longa, omnino elamellosa, longissime vaginantia, subintegra vel vix sub parte angustiore abrupte fissa haud dentata, in cuspidem planam loriformem vix nodosam longissime producta. Capsula in pedicello 10-13 cent. longo robusto vernicoso horizontalis, magna, tetragona, atropurpurascens. Calyptra rufescens capsula paulo longior.

La Réunion : FRAPPIER (in herb. Mus. Par.); sur la terre humide des plaines élevées, 1839, LÉPERVANCHE (hb. THURET).

Diffère du *P. elatum* par ses tiges plus courtes, ses feuilles flexueuses à l'état sec, plus longues d'un tiers et garnies de dents sur le dos de la nervure, et de lamelles bifides sur la face supérieure, enfin par ses pédicelles capsulaires beaucoup plus longs.

7. *P. Pervillei* Besch. — Dioicum, habitu *P. juniperino* simile. Caulis brevis 4-5 cent. longus, basi denudatus, gracilis, teres, simplex. Folia brevia, erecta, arcte appressa, madore erecto-patentia, basi angusta vaginantia colorata, lanceolata, dentibus hyalinis apice numerosioribus serrata, in aristam brevem sordide hyalinam subintegram producta, margine latiuscule membranacea, albida, costa lamellis apice bifidis obtecta. Folia perichætialia longiora (10 mill.), convoluta, membranacea, in cuspidem serrulatam exeuntia, apice lamellosa. Capsula in pedicello 15-18 mill. longo horizontalis vel pendula, ovato-cubica, tetragona, subtuberculosa, ore angustiore; operculo plano obtuse et breviter acuminato. Calyptra?

N.-O. de Madagascar : PERVILLÉ, n° 831, (in herb. Mus. Par.).

Var. *leptocaule*, caule graciliore breviore, capsula longiore.

La Réunion : LÉPERVANCHE, 1877.

8. *P. Comorense* C. Müll., in litt. — Dioicum, habitu *P. antillarum* simile. Caulis brevis vix 7 cent. altus, simplex, interdum furcatus, basi nudus. Folia caulina madore erecto-patentia, siccitate erecta apice flexuosa, rubiginosa, basi longiuscula vaginantia, lanceolata, cuspidata, margine medio incurvo superne plano latiuscule pellucente, dentibus fuscis acutis validis apice dorsoque arcte serrata, costa lamellis bifidis (in sectione transversaria) obtecta. Folia perichætialia duplo longiora, flavida, longe vaginantia, membranacea, marginibus apice dentato-erosis, costa angusta in cuspidem longam flexuosam denticulatam producta. Capsula sæpe geminata in pedicello 5-6 cent. longo rubello erecta vel horizontalis, minuta, tetragona, parallelipipeda; operculo elongato cuspidato. Calyptræ indumentum capsula longius pallide ferrugineum.

Grande Comore : mai 1850, BOIVIN (herb. Mus. Par.).

9. *P. calopogon* Besch.; *P. macropogon* Sch., in herb. Cosson. — Caulis 7-10 cent. longus, basi infima tomentosus, subnudus, simplex, siccitate appressifolius. Folia caulina madore subpatentia, basi squarrosa rubella, subito lanceolata, 10 mill. longa, margine involuto dentibus fuscis brevibus serrato, costa lamellis apice bifidis (in sectione transversaria) obtecta. Folia perichætialia 17-20 mill. longa, convoluta, membranacea, purpurea, breviter cuspidata, integerrima. Capsula in pedicello vernicoso 6-9 cent. longo erecta vel horizontalis, tetragona, nigrescens, apophysi magna subglobosa; operculo siccitate plano acuminato. Calyptræ indumentum rufum duplo vel triplo capsula longius.

La Réunion : BORY (in herb. COSSON).

Ile Maurice : COMMERSON.

Forma *majus;* caule longissimo subpedale apice crassiore

furcato, foliis madore patentissimis recurvis longioribus siccitate flexuoso-patentibus.

La Réunion : Richard, n° 570 (in herb. Mus. Par.).

Diffère du *P. elatum* par un port plus robuste, par ses feuilles plus longues, étalées et recourbées par l'humidité, et garnies de dents plus courtes, ainsi que par la coiffe deux fois plus longue que la capsule.

10. *P. elatum* P. Beauv., in Prodr. p. 86; Schwgr., I, II, p. 300; Brid., Bryol II, p. 152.—Caulis pedalis basi longissime subnudus vel foliis squamosis arcte appressis obtectus, simplex vel rarissime apice furcatus. Folia caulina inferiora madore appressa, superiora erecta, 10 mill. longa, vaginantia, vagina membranacea colorata vel superne hyalina, abrupte lanceolata plana cuspidata, margine paulo diaphana, dentibus acutis hyalinis et erectissimis serrata; costa lamellosa, lamellis (in sectione) bifidis. Folia perichætialia elongata, acuta, fuscidula, margine membranacea albida, in subulam serrulatam producta. Calyptra in pedicello 8-10 cent. longo cubico-tetragona, horizontalis, atro-purpurea; operculo umbonato parvo. Calyptra fusca defluens.

La Réunion : Dans les montagnes, au Volcan, Bory (hb. Cosson).

Maurice : Au milieu des *Sphagnum*, Commerson (in herb. Mus. Par.).

Forma *minor*, associée au *Pol. remotifolium*.

La Réunion : Plaine de la montagne du Piton Viller, Commerson.

11. *P. Mahense* Besch. — Dioicum — Caulis 10-30 cent. longus, valde foliosus, foliis madore patentibus longissimis (15 mill.) obtectus, simplex, basi longe subnudus. Folia caulina basi longe vaginantia colorata, lanceolata, marginibus et apicis dorso serrata. Folia perichætialia generis maxima (23 mill.), colorata, longe cuspidata et longissime vaginantia, subintegra. Capsula in pedicello perlongo (15-18 cent.) atropurpureo apice plicato horizontalis, pro planta brevis, cubica,

tetragona, nigra, apophysi discoidea. Calyptra 2-3-plo capsula longior, fusca.

Seychelles : sur les montagnes, à Mahé, 9 mars 1840, PERVILLÉ (in herb. Mus. Par.).

12. *P. subformosum* Besch. — Habitu *P. formoso* simile. Caulis elatus 10 cent. et ultra longus, simplex, basi villosus, viridiusculus vel ætate ferrugineus. Folia caulina sicca basi erecta dein flexuosa, madore erecto-patentia vel fere horizontalia, 9-10 mill. longa, basi brevi membranacea colorata, lanceolata, longissime cuspidata, e parte angustiore ad apicem dentibus acutis maguis flavidis papillosis iterum denticulatis serrata; costa dorso convexa, apice serrata lamellis numerosis pluricellulatis (in sectione) apice bifidis. Folia perichætialia 17-20 mill. longa, albide membranacea convoluta, biplicata, sublamellosa, margine sinuoso-runcinata, costa angusta in cuspidem longam integerrimam producta. Capsula in pedicello ad 10 cent. longo purpurea. Cetera?

La Réunion : BORY SAINT-VINCENT (in herb. Mus. Par. n° 60[3]); LÉPERVANCHE, 1875.

Offre beaucoup de ressemblance avec le *P. formosum* d'Europe, mais en diffère notamment par les feuilles à lamelles bifides et à dents séparées entre elles par des denticules et de fortes papilles ; ce dernier caractère éloigne également notre mousse des autres espèces congénères de la région.

13. *P. Mauritianum* C. Müll. in herb. — Caulis fere e basi crasse v. crassissime foliosus, lycopodioideus. Folia dense imbricata, ad apicem caulis paulo minora, erecta, madore erecto-patentia, basi angusta vaginantia membranacea albida, plana, lanceolata, apice in cuspidem brevem hyalinam caducam producta, dentibus inferne albidis superne fuscis longis acutis arcte serrata, margine anguste pallescente in foliis anticis toto ambitu eroso; costa lamellis apice bifidis obtecta.

Maurice : COMMERSON (hb. Mus. Par.); de ROBILLARD (herb. GEHEEB.).

Mousse remarquable par ses tiges courtes et couvertes de feuilles très nombreuses et très serrées, ce qui lui donne l'aspect du *Lycopodium clavatum*. Elle diffère des autres espèces de Maurice par ses feuilles courtes à dents plus grandes et plus aiguës et à gaine beaucoup plus étroite.

Series II. MUSCI PLEUROCARPI.

Trib. XIII. LEUCODONTACEÆ.

Fam. I. LEPTODONTEÆ.

Gen. I. LEPTODON Möhr.

L. Boryanus Sch., in musc. Boryan., et Syn. musc. (*Mém.*); Jaëger, in Adumb. — Planta prorepens e basi ramosa, ramis adscendentibus pinnatis vel bipinnatis ramulosis, ramulis gracilibus filiformibus remotis siccitate haud mutatis dense foliosis. Folia caulina erecta, majora basi ovata concava bisulcata abrupte in acumen lanceolatum protracta, marginibus integerrimis, costa infra apicem evanida, cellulis ovatis orbicularibus vel sub hexagonis, basilaribus ad costam longioribus, ad margines minutis quadrato-ovatis. Folia ramea minora ovata vel orbiculata concava obtusa et obtusissima, apice erosa, costa breviore ultra medium vix producta. Perichætialia minuta foliis ovato-ligulatis sæpe costatis apice erosis, archegoniis paucis, paraphysibus valde longioribus dense articulatis.

La Réunion : sur les troncs d'arbres, dans les bois, BORY (in herb. COSSON.)

Se rapproche beaucoup par le port du *Neckera indica* C. Müll.

Fam. II. PTEROGONIELLEÆ.

Gen. I. PTEROGONIELLA Sch.

Subg. POTAMIUM Mitt.

1. *P. Schimperi* Besch.—Monoica, habitu *Saulomæ microcarpæ* Dz. similis, ramis teretibus gracilibus homomallophyllis curvatis parce ramulosis sordide viridibus. Folia ovata, obtuse acuminata, concava, integerrima, ecostata, medio sulco lon-

gitudinali notata, margine basi revoluto, cellulis superioribus rhombeis, inferioribus elongate ovatis vel hexagonis, basilaribus ad angulos quadratis majoribus, omnibus utriculo primordiali persistente repletis, infima basi magnis longe rectangularibus inanibus flavidis. Folia perichætialia ovato-lanceolata integerrima ecostata. Capsula in pedicello 3 mill. longo obovata vel urceolata, erecta vel inclinata, infra orem constricta, fusca; operculo e basi conica oblique rostrato. Peristomii duplicis dentes externi lanceolati lamellosi apice scabri, interni e membrana longa enati. Sporæ magnæ læves.

Maurice : Darnty, (ex herb. Schimper.)

Diffère du *Pterogoniella* (*Sauloma*) *microcarpa* Dz. par les feuilles obtusément acuminées, à cellules remplies par l'utricule primordial et s'en distingue en outre par le péristome double; s'éloigne du P. *Madagascariensis* par ce dernier caractère.

2. *Madagascariensis* Brid., Bryol. II, p. 213, sub *Leucodonte;* C. Müll,, Syn. II, p. 75, sub *Neckera* (*Pterogonio*).

Madagascar : Dumont d'Urville.

3. *P. Sanctæ-Mariæ* Besch. — Caulis intricatus, parce ramosus, nigrescens, ramis brevibus superne lutescentibus. Folia imbricata, erecta, vix homomalla, basi breviore anguste ovata, oblique acuminata, concava, integerrima, ecostata vel obsolete bicostata, marginibus late revolutis; cellulis elongate ellipticis subrhombeis, basilaribus flavidis, alaribus majoribus vesiculosis flavidis. Fructus plerumque e caule enascentes. Folia perichætialia late lanceolata, longius acuminata, marginibus e basi revolutis. Capsula in pedicello 4–5 mill. longo torquato lævi inclinata, minuta, ovata; operculo longo contorte apiculato haud subulato. Peristomii dentes externi dense cristati, interni fugaces?

Sainte-Marie de Madagascar : sur les racines de Manguiers, 1850, Boivin.

Par le port, cette mousse se rapproche du P. *deceptiva* Mitt.

Fam. III. LEUCODONTEÆ.

Gen. I. LEPYRODON Hpe.

L. Mauritianus C. Müll., in Musc. Robill. — Dioicus. Caulis prorepens pinnatim ramosus, ramis viridi-lutescentibus nitidis hic illinc radicantibus. Folia erecta, longe oblongo-ovata, concaviuscula, late acuminata, pluries plicata, indistincte costata, apice denticulata; cellulis elongatis hexagonis hyalinis, alaribus quadratis numerosis inanibus parietibus incrassatis. Cetera ignota.

Maurice : de ROBILLARD (herb. GEHEEB).

Gen. II. PRIONODON C. Müll.

P. ciliatus Besch. — Dioicus? Caulis repens, filiformis, nudus, nigrescens, surculis subsimplicibus vel bi-trifidis, sciuroideis densissime foliosis glauco-vel lutescenti- viridiusculis apice clavatis. Folia dense imbricata, erecta 4-plicata, basi breviter ovato-lanceolata, longissime acuminata, medio dentibus pluricellulatis longis aculeiformibus divaricatis vel recurvis hyalinis munita, apice minoribus ciliato-serrata, costa tenui sub apice evanida; cellulis ellipticis obscure hexagonis, basilaribus fuscis, ad margines minutis rotundatis, superioribus ovatis polygonatis.

La Réunion : plaine des Cafres, G. DE L'ISLE, 1875, stérile.

Fam. IV. CYRTOPODEÆ.

Gen. I. JÄGERINA C. Müll. in Linn. XL.

1. *J. solitaria* Brid., Mant. musc., p. 184; Sp. musc. II, p. 90; Bryol. II, p. 540, sub *Hypno*; C. Müll., Syn. II, p. 163 sub *Pilotricho*. — Dioica, habitu *Breuteliis* sat similis. Caulis primarius longe repens, filiformis nudus nigrescens, secundarius arcuatus sciuroideus plerumque simplex, interdum parce ramosus 5-15 cent. longus densifoliosus summo stellatim foliosus, inferne rubescens superne aureo-flavo-viridis, sæpe fla-

gellas nudas plus minus foliosas semi-unciales vel corpuscula cylindrica articulata fasciculata emittens. Folia imbricata squarrosa, e basi longa vaginantia, concava, ovata, erecto-appressa e medio patentissima, late lanceolata, longe acuminata, serrulata, omnia ecostata; cellulis fere omnino elliptico-hexagonis opacis, basilaribus latioribus fusco-aureis parietibus sinuosis erosis, ad margines scariosis pellucidis angustioribus. Folia perichætialia magna, turgida, capsulam includentia, foliis serratis ecostatis, externis squarrosis minoribus semivaginantibus basi latis concavis abrupte in acumen longum subrecurvum attenuatis, internis longioribus basi late lanceolatis, supra medium concavis contractis in acumen latum elongatum productis. Capsula immersa in pedicello brevissimo globoso-sphærica exannulata (?) ore parum constricta; operculo conico acute brevirostro. Peristomium simplex. Calyptra minuta, vix scabriuscula operculum tantum obtegens, apice longistyla, basi lacera.

La Réunion : sur les arbres des forêts, Bory (herb. Cosson); plaine des Fougères, au pied des arbres, Lépervanche, 1839 (herb. Thuret, n° 37); Richard, n° 59; plaines des Cafres, des Palmistes, G. de l'Isle, 1875; sommet du brûlé de Saint-Denis, Dlle Berthe Lépervanche, 1876; Saint-Leu, Valentin.

Maurice : Bory (fide Bridel, *l. c.*); de Robillard, associé à *Hildebrantiella pachyclada* (herb. Duby.)

Une des mousses les plus remarquables de la Réunion et de Maurice et qui rappelle, par ses rameaux cauliformes ascendants, les tiges des *Breutelia* et celles des formes grêles de certains *Spiridens*.

Var. *ramosa*, caulis plerumque ramosus, ramis alternis remotissimis basi denudatis.

La Réunion : Commerson (herb. Mus. Par.)

Var. *Nossi-Beana*, caulis gracilior elongatus attenuatus, foliis minoribus minute serrulatis ecostatis.

Nossi-Bé : Pervillé, 1841, n 805.

N.-O. de Madagascar : associé à l'*Hypopterygium*, PERVILLÉ, n° 839. (herb. Mus. Par.)

2. *J. stolonifera* C. Müll, in Linn. 1876 (XL), p. 274.—*Pilotrichum stoloniferum* C. Müll. in Bot. Zeit. 1862.—Præcedenti habitu et vegetationis modo similis. Folia caulina plerumque glauco-viridia, brevius acuminata, eroso-denticulata, costa tenui infra apicem evanida, flavida. Folia perichætialia minora elongata vel obsolete costata apice denticulata. Capsula ovalis haud globosa, siccitate plicata; operculo obtusiusculo minore, annulo lato. Calyptra minutissima pilifera.

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT.

Var. *clavata*, Caulis plus minus elongatus nudus et ibidem in surculum turgidum elongatum clavatum longe stoloniferum viridissimum excurrens (C. Müll., *l. c.*).

Comores : Anjouan, mai 1850, BOIVIN, in herb. Mus. Par, (*J. flagellifera* C. Müller, in litt.); HILDEBRANDT, 1875.

3. *J. Robillardi* C. Müll. in litt. — Habitus *J. stoloniferæ*, rami secundarii ramulis flagelliformibus patentibus filiformibus numerosis microphyllosis præditi; folia breviora obtusiuscule acuminata e medio denticulata, costa excurrente.

Maurice : de ROBILLARD (herb. GEHEEB).

4. *J. formosa* Besch. — Caulis repens ramis subpedalibus simplicissimis flexuosis vel decumbentibus robustissimis basi denudatis patentifoliis aureo-fuscis nitentibus, superne luteo-viridibus stellatim foliosis. Folia maxima, patentissima, reflexa, longe ovata, apice plicata, longe cuspidata, ecostata, e basi lata minute dentata; cellulis inferioribus fuscis latioribus, ceteris lutescentibus dorso ad apices prominulos subpapillosis. Cetera ignota.

La Réunion : BORY (herb. DURIEU DE MAISONNEUVE); au pied des arbres, plaine des Fougères, associé au *J. solitaria*, 1839, LÉPERVANCHE, n° 37 (herb. THURET).

Maurice : de ROBILLARD (herb. DUBY).

Très belle espèce qui rappelle le *Spiridens Reinwardtii* de Timor ; elle diffère des espèces précédentes par un port beaucoup plus robuste, des feuilles plus grandes du double, plus larges à la base et plus allongées, et du *J. stolonifera* par l'absence de nervure.

Trib. XIV. NECKERACEÆ.

Fam. I. ENDOTRICHEÆ.

Gen. I. HILDEBRANDTIELLA C. Müll.

1. *H. endotrichelloides* C. Müll., Linn. XL, p. 257.

Comores : Anjouan, sur les troncs d'arbres, HILDEBRANDT, n° 1818.

2. *H. pachyclada* Besch. — Dioica. Caulis repens filiformis nudus, nigrescens, ramis adscendentibus sciuroideis crassis uncialibus obtuse acuminatis læte viridibus nitentibus fasciculatis vel irregulariter pinnatis. Folia imbricata, magna cochleariformia, ecostata, integerrima, basi auriculata marginibus apice leviter cucullatis, apiculo brevi lato; cellulis alaribus latioribus numerosis quadratis fuscis, ceteris angustis elongate hexagonis incrassatis dicranoideis. Cetera ignota.

La Réunion : RICHARD (herb. Mus. Par.).

Maurice : COMMERSON (herb. Mus. Par.); de ROBILLARD, associé à *Jägerina solitaria* (herb. DUBY).

Cette mousse que nous ne connaissons qu'à l'état stérile, est voisine du *Meteorium frondosum* Mitt., de Ceylan, dont elle offre le port et l'aréolation foliaire ; mais elle s'en distingue au premier abord par l'absence de nervure. Nous avons reçu depuis, de M. Geheeb, sous le nom de *H. puccinigera* C. Müller (*ms.*) une mousse provenant des récoltes de M. de Robillard, qui, quoique plus petite dans toutes ses parties, paraît se rapporter entièrement à notre *H. pachyclada.*

Fam. II. PILOTRICHELLEÆ.

Gen. I. PAPILLARIA C. Müll.

P. Boiviniana Besch. — Dioica. Caulis teres filiformis inferne distichus-superne remote ramosus, ramis brevibus sim-

plicibus viridibus vel ætate fusco-ferrugineis inferioribus attenuatis, ceteris viridibus vel citrinis patentibus plerumque obtusis gracilibus vix 5-10 mill. longis. Folia madida erecto-patentia, sicca appressa, caulina concava late rotundato-auriculata basi ad auriculas ob excavationem biplicata cordato-ovata plane acuminata marginibus sinuosis integerrimis, costa ultra medium evanida, cellulis basilaribus e costa ad medium usque folii rectangularibus subellipticis fere pellucidis vix papillosis lateralibus oblique ellipticis brevioribus papillosis, ceteris obscuris valde papillosis; folia ramea hastata angustiora minus cordata longius cuspidata, costa pallida marginibus valde papillosis, cellulis medio folio obscuris. Cetera desunt.

La Réunion : plaine des Fougères, sur le tronc des arbres, LÉPERVANCHE, 1839 (herb. THURET).

Maurice : montagne de la rivière Noire, BOIVIN (herb. Mus. Par.); de ROBILLARD (herb. DUBY).

Paraît se rapprocher beaucoup du *P. perichætialis* Hpe, de Madagascar et du *P. appressa*; mais notre mousse, inconnue en fructification, n'offre pas les rameaux recourbés du premier et diffère du second par ses rameaux plus grêles et ses feuiltes planes, papilleuses au sommet.

S° *Floribundula* C. Müll.

P. subpiligera Hpe, Linn. XXXVIII, p. 217.

Madagascar : BORGEN, n° 12.

2. *P. fulvastra* Besch. — *P. floribundæ* C. Müll. affinis. Planta dioica, semipedalis vel minor, pendula, flavida, fulvastra haud æruginosa. Caulis gracilis irregulariter et remote ramosus, ramis plumosis compressis. Folia caulina subdisticha, patentia, basi subcordata decurrentia, latiora, lanceolata, longe cuspidato-attenuata vix concava, marginibus inferne paulo reflexis omnino minute serrulato-papillosis, costa circiter ad medium evanida aut obsoleta; cellulis angustissimis brevibus ob 4-6 papillas seriatas superpositas obscuris alaribus nonnullis quadratis hyalinis lævibus. Perichætialia

minuta foliis internis e basi longe ovatis vel loriformibus minus dense papillosis, externis brevioribus ovato-acuminatis haud subulatis; archegoniis longistylis. Cetera desunt.

La Réunion : Salazie, Lépervanche, 1839 (in herb. Thuret); sommet du Brûlé de Saint-Denis et de la rivière des Roches, 1876, Dlle Berthe Lépervanche; hauts de Saint-Paul, Valentin.

Malgré les nombreux échantillons de cette mousse qui nous a été envoyée en grandes touffes compactes, surtout du Brûlé de St-Denis, nous n'avons pu rencontrer de tiges fructifères. Elle est très voisine du *P. æruginosa*, de Samoa et du *P. floribunda* de l'océan Indien, mais elle s'en éloigne par les feuilles longuement cuspidées-loriformes, à nervure plus allongée. Le *P. floribundula* C. Müll. des Comores, se rapproche aussi de notre mousse, mais la dentelure ciliée de ses feuilles ne se retrouve pas dans le *P. fulvastra*.

3. *P. Robillardi* C. Müll., in herb. — Dioica. Caulis debilis gracilis pallide viridis pinnatim vel vage ramosus, ramis semiuncialibus patentibus. Folia ut in præcedente papillosa lanceolata angustiora, brevius cuspidata, denticulato-erosa, costa infra medium evanescente vel obsoleta; cellulis augustis pluripapillosis, basilaribus paulo laxioribus sublævibus.

Maurice : de Robillard (herb. Geheeb.) associé à *Rhacopilum Mauritianum* et *Aerobryum pseudo-capense*.

Diffère du précédent par les tiges et les rameaux plus grêles, plus régulièrement pinnés, ainsi que par les feuilles moins longuement cuspidées.

4. *P. floribundula* C. Müll., *Linn.* XL. p. 266.
Comores : Anjouan, sur les troncs d'arbres, Hildebrandt n° 1824.

Gen. II. PILOTRICHELLA C. Müll.

1. *P. imbricata* Schgr., Suppl. II, II, I. p. 42; C. Müll., II, p. 128.
La Réunion : Bory (herb. Cosson); rive droite du bras Piton, près le morne Saint-François, G. de L'Isle n° 299.

2. *P. pseudo-imbricata* C. Müll., Linn. XL. p. 265.

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT n° 1831.

3. *P. chrysoneura* Hpe, Linn. XL, p. 263.

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT

4. *P. subimbricata* Hpe, Linn., XXXVIII p. 216.

Madagascar : forêt d'Alamazautra, BORCHGREWINK n° 16.

5. *P. Mascarenica* C. Müll., Bot. Zeit., 1859 p. 237, sub *Neckera*; *Isothecium flexile* Brid, Bryol. II p. 361 (ex parte).

La Réunion : pendant aux rameaux des ambavilles, au Piton des Neiges et sur les sommets les plus élevés, BORY (herb. Cosson sub *Leskea molli* Hedw); RICHARD (herb. Mus. Par., sub *Isothecio flexili* et herb. MONTAGNE sub *Isothecio pentasticho* Brid).

6. *P. Isleana* Besch. — Dioica. *P. flexili* affinis. Planta debilis, mollis, flexuosa, rufula v. flavide viridis, obscura, ramis remotis patulis divaricatis obtusiusculis. Folia caulis secundarii laxa, erecta, majora, subpanduriformia, in acumen longiusculum vix recurvum producta, ecostata, marginibus apice involutis crenulatis denticulatisve; cellulis linearibus obscurris flavidulis, alaribus in excavatione orbatis latioribus fuscis. Folia ramea valde breviora. Cetera ignota.

La Réunion : plaine des Cafres, associé au *Phyllogonium* G. DE L'ISLE, 1875.

Cette mousse diffère du P. *mascarenica*, dont elle se rapproche le plus, par un port moins robuste, par des tiges débiles, flexueuses, garnies de rameaux obtus et par des feuilles opaques, denticulées.

1. Var. *virescens*, pendula, rigidiuscula intense viridis; caulis basi ob folia destructa denudatus, ramis obtusis brevibus, foliis dense imbricatis cochleariformibus plus minus panduriformibus haud seriatim dispositis.

La Réunion : Plaine des Cafres, G. de l'Isle ; Cilaos, hauts du Matarum, Valentin, 1876.

7. *P. ampullacea* C. Müll., *Linn.*, XL, p. 264.

Comores : Anjouan, Hildebrandt, n° 125.

8. *P. phléoides* Desv., in Brid. Bryol. II, p. 431, sub *Hypno*; C. Müll., *Syn.* II. p. 132 sub *Neckera* (*Pilotrichella*).

La Réunion : sur les troncs d'arbres (Bridel l. c.).

Fam. III. PILOTRICHEÆ.

Gen. I. AEROBRYUM Dz. et Molk.

S° *Eriocladium* C. Müll.

1. *A. pseudo-capense*. C. Müll., in litt. ad Angström. — Dioicum. Cespites penduli, latissimi, molles, rufescentes vel flavescentes; rami elongati flexuosi compressi inæqualiter pinnati. Folia remota patula, basi anguste cordata ovato-lanceolata, in acumen longissimum summo articulatum piliformem producta, marginibus planis undique denticulatis basi lunulato-serratis, costa ultra medium continua; cellullis elongatis papillosis, alaribus nonnullis brevioribus distincte rectangularibus pellucidis.

La Réunion : Saint-Paul, Valentin.

N. O. de Madagascar : Pervillé.

Maurice : Commerson (herb. Mus. Par.); Perrottet (herb. Montagne sub *Hypno patulo* Sw) ; Andersson (Angströmm comm.); Mad. Lecoultre. (herb. Duby et Geheeb).

2. *A. lanosulum* C. Müll., *Linn.*, XL. p. 260.

Comores : Anjouan, Hildebrandt.

3. *A. subpiligerum* Hpe, *Linn.*, XXXVIII, p. 217.

Madagascar.

Gen. II. METEORIUM Brid.

1. *M. sublivens* Besch. — Planta læte viridis basi fuscidula. Caulis secundarius arbusculosus 2-3 uncialis, vage et inæqua-

liter pinnatus in caudam simplicem subuncialem desinens. ramis obtusis patentibus semiuncialibus vel minoribus sæpe attenuatis sciuroideis, apice radicantibus. Folia caulina inferiora appressa longiora, cetera exacte seriatim disposita oblonga cymbiformia basi haud dilatata, integerrima, nitidula, costa brevi infra medium folii producta, marginibus erectis ad angulos rotundatis apice gibboso-cucullatis acumine recurvis; folia ramea breviora suborbiculata obsolete costata. Fructus rari in caule secundario obsiti. Folia perichætialia longiora late acuminata, convoluta, integerrima, ecostata; archegoniis crassis. Capsula immersa in pedicello brevissimo oblongo-ovata, rufula. Calyptra (junior) campanulata apice scabra, basi lobata. Peristomium?

La Réunion : Bory (herb. Cosson); Saint-Leu, Valentin, 1876.

Mousse élégante, voisine par le port de l'*Isothecium livens* Brid., du Pérou (hb. Mus. Par.) et du *Neckera* (*orthostichella*) *chrysoneura* Hpe, quoique à rameaux plus longs; elle diffère de ce dernier par la tige secondaire qui n'est point ramifiée supérieurement, par les feuilles caulinaires plus étroites à la base, très brièvement mucronées au sommet et garnies d'une nervure plus courte, et par la coiffe campanulée.

2. *M. biforme* Hpe, Linn., XXXVIII, p. 218, sub *Pilotricho*.

Madagascar : forêt d'Alamazautra, Borgen.

Gen. III. TRACHYPUS Schgr.

1. *T. serrulatus* Besch.; Brid., Bryol., II, p. 237 sub *Neckera* (*Cyrtopode*); Schgr., Suppl., I, II, p. 138, sub *Neckera;* Pal. Beauv., Prod., p. 83 sub *Pilotricho;* C. Müll., *Syn.* II, p. 140 sub *Neckera* (*Papillaria*). — Cespites laxi lutescentes. Caulis secundarius elongatus, procumbens robustus sed flaccidus, ramis simplicibus pinnatis vel bipinnatis planiusculis plerumque obtusis decrescentibus varie ramosus. Folia caulina imbricata, lanceolata, longe acuminata haud hastata e basi spinuloso-serrulata, sicca medio ad apicem undulato-cirrhata, costa longa infra apicem evanida; cellulis linearibus elongatis

punctulatis flavescentibus alaribus ad auriculas rotundatas minutis vix ullis quadratis pellucidis. Folia ramea disticha angustiora vix undulata. Perichætialia globosa foliis pellucidis late ovatis abrupte in acumen loriformem serratum productis, costa ante basin evanescente, paraphysibus numerosis, archegoniis brevioribus longistylis. Cetera ignota.

La Réunion : Plaine des Chicots, Bory (herb. Cosson); Frappier (herb. Mus. Par.).

2. *T. nodicaulis* C. Müll., Linn., XL p. 269, sub *Neckera*.

Comores : Anjouan, 1850, Boivin (in herb. Mus. Par.); Hildebrandt, n 1833 (herb. C. Müll.).

Espèce très semblable à la précédente, mais plus grêle, à rameaux le plus souvent atténués, à feuilles plus larges, moins ondulées.

3. *T.* (?) *perichætiale* Hpe., Linn., XXXVIII, p. 217, sub *Pilotricho*.

Madagascar : forêt d'Alamazautra, Borchgrevink, n° 17.

Fam. IV. PHYLLOGONIEÆ.

Gen. I. PHYLLOGONIUM Brid.

P. viscosum P. Beauv., Prod., p. 87, sub *Pterigynandro*; *Phyllogonium callichroum* Brid. mst.; *Hypnum naviculare* Brid. *Bryol.*, II, p. 540; *Phyllogonium fulgens*, var *viscosum* Brid., II, p. 673. *Phyllogonium fulgens* C. Müll. in *Syn.* II, p. 2. (e parte); *Fissidens subviscidus* Bory, mss. (herb. Cosson). — Stirps elegantissima frondiformis, late foliosa, aureo-fulva nitens. Caulis flexuosus pedalis et ultra, remotissime ramosus, ramis plus minus longis obtusis. Folia verticaliter inserta, disticha, undulata, subviscosa, excavata, integerrima, apice obtusa recurva, marginibus involutis basi contractis, auriculis basi rotundis, ecostata; cellulis alaribus brevioribus sed latioribus quadratis in macula intense fusca dispositis, ceteris elongatis opacis.

La Réunion : Plaine des Chicots, près de l'encaissement de la rivière des Pluviers, BORY (in herb. COSSON); Plaine des Fougères, Lépervanche, 1839 (in herb. THURET) ; Plaine des Cafres et plaine des Palmistes, G. DE L'ISLE, 1875, n° 137.

Tristan d'Acunha : DU PETIT THOUARS (in hb. Mus. Par. sub *Hypno naviculari*,.

Forma *viridis*, ramis brevioribus, foliis viridibus apiculo magis recurvo.

La Réunion : Rive droite du bras Piton, juillet 1875, G. DE L'ISLE, n° 291.

Fam. V. NECKEREÆ.

Gen. I. NECKERA Hedw.

S° *Paraphysanthus*.

1. *N. Boiviniana* C. Müll., in litt. — Dioica? habitu *N. distichæ* similis. Caulis secundarius elongatus basi parce ramosus, sæpe in flagellam simplicem elongatam protractus ; ramis remotissimis patulis brevibus obtusis vel in filum attenuatis. Folia caulina fusco-lutea, nitidula, vix rugulosa, ligulato-curvata, apice valde truncata, marginibus basi rotunda uno latere latiuscula incurvis, omnino denticulato-erosa, costa unica infra apicem sæpe bifurca producta ; cellulis opacis rhombeis, inferioribus elongate linearibus. Perigonia minuta foliis abrupte late ligûlato-acuminatis apice serratis brevius costatis. Cetera desunt.

Nossi-Bé : forêt du Loucoubé, mars 1851, BOIVIN (in herb. Mus. Par.).

S° *Leïophylla*.

2. *N. Madecassa* Besch. — Dioica? Caulis repens, secundarius longissimus pedalis pendulus, in ramos graciles circiter unciales vel inæquales remotos patentes subpinnatos planissimos obscure lutescentes divisus. Folia caulina et ramea subdisticha, erecto-patentia, minuta, ligulata, apice serrato

subrotundata, asymmetrica, sicca longitudinaliter undulata subplicata, basi auriculata, auriculis incurvis amplexantibus crenulatis, margine e pluribus cellulis elongatis pallidioribus distincte composito, costa infra apicem evanida; cellulis rotundato-hexagonis minutis obscuris basi vix longioribus. Folia perichætialia inferiora minuta squarrosa reflexa vaginantia, superiora longe ovata late acuta erecta capsulam fere totam includentia, unicostata, plicata, sæpe laciniata. Fructus in ramo secundario inserti, paraphysibus filiformibus paucis. Capsula immersa ovato-cylindrica. Cetera desunt.

La Réunion : POTIER (herb. de l'Expos. perm. des colonies).
Madagascar : GOUDOT, 1833 (in herb. Mus. Par. sub *Hookeria*, et herb. MONTAGNE sub *Neckera retusa* Brid.; BERNIER, n° 38 (in herb. THURET).

Voisin du *Neckera disticha* par le port et la forme des feuilles, mais beaucoup plus rameux; diffère en outre par l'absence de paraphyses foliiformes.

S° *Rhystophylla.*

3. *N. Comoræ* C. Müll., Linn., 1876.

La Réunion : HILDEBRANDT ; G. DE L'ISLE, n° 223.
Maurice : DE ROBILLADD (herb. DUBY et GEHEEB).
Comores : Anjouan, BOIVIN (in herb. Mus. Par.); HILDEBRANDT (in herb. C. Müller).
Madagascar : BERNIER (herb. THURET).

Diffère du *Neckera Lepineana* Mont., par les feuilles caulinaires privées de nervure, spathulées, arrondies à la base et carrées au sommet.

4. *N. Pervilleana* Besch. — *N. Comoræ* simillima, ramis latius foliosis obtusis late clavatis, foliis latioribus et longioribus luteis nitentibus costa unica ultra medium continua vel breviore vel basi bi-trifurcata.

Nossi-Phalé : au bord d'un ruisseau, mars 1841, PERVILLÉ, n° 726 (in herb. Mus. Par.), *stérile*

5. *N. Valentiniana* Besch. — Caulis secundarius altus, basi denudatus, eleganter plerumque simpliciter pinnatus, pallide viridis, ramis late complanatis sæpe attenuatis. Folia caulina asymmetrica, disticha, imbricata, rugosa, basi parum coarctata, in uno latere concava, denticulata, apice obtusa, haud attenuata, serrulata, costis binis brevibus inæqualibus. Perigonia ovata, numerosa, inter folia ramea producta, foliis obscuris longius acuminatis crenulatis. Perichætia majora, scariosa, albicantia, in caulem enata, foliis elongate ovatis concavis apice abrupte in latum acumen serrulatum protractis, ecostatis, capsulam omnino includentibus. Capsula immersa in pedicello brevissimo ovata, operculo curvirostro. Calyptra cucullata tantum operculum obvelans.

La Réunion : Pavés Saint-Leu, VALENTIN, 1876.

Espèce voisine des *N. chilensis* et *Lindigii* par le port général. Le *N. africana* Sch., du Cap (herb. Mont., coll. Zeyher, sub N. *intermedia* Brid.) qui s'en rapproche également, a les feuilles acinaciformes faiblement denticulées au sommet et surmontées d'un acumen court, tandis que la mousse de la Réunion a les feuilles obtuses dentées depuis la base.

S* *Calyptothecium* Mitt.

6. *N. acutifolia* Brid., *Bryol.*, II, p. 757, sub *Distichia;* C. Müll., Syn. II, p. 48. — Dioica. Caulis repens; divisiones elongatæ 15-20 cent. longæ, dense vel laxe pinnatæ complanatæ pallide-virides ætate lutescentes, ramis simplicibus vel pinnatis apice obtusis. Folia complanata, rugulosa, nitidula, late et longe ovato-acuminata subnavicularia, basi latiore rotundata, fere symmetrica, marginibus planis integris vel obsolete e basi denticulatis, costa unica ultra medium producta; cellulis subvermicularibus opacis parietibus interruptis, inferioribus linearibus, alaribus laxioribus fuscis excavationem minutam efformantibus. Perigynia laxa, foliis basi vaginantibus lanceolato-acuminatis subintegris obsolete costatis. Archegonia pauca longistylia. Cetera ignota.

La Réunion : BALBIS (in herb. MONTAGNE, sub *N. acutis-*

sima Desv.); plaine des fougères, sur les rochers dans le lit des ruisseaux, LÉPERVANCHE, 1839, n° 30 (herb THURET).

Var. *antitrichioides*, habitu *Antitrichiæ* similis, caule arcuato firmo valde ramoso, ramis virescentibus turgidis, foliis minus compressis.

La Réunion : Plaine des Cafres, G. DE L'ISLE.

Gen. II. HOMALIA Brid.

H. Valentini Besch. — Dioica. Caulis repens filiformis ramis arcuato-adscendentibus uncialibus vel ultra debilibus simplicibus vel parce divisis sæpe flagelliformibus. Folia complanata, lævia, plana, viridiuscula, nitida, basi asymmetrica, ad unum latus ampliora alterum angusta concaviuscula obovata, spathulata, apice rotundata crenulata, costa ultra medium evanescente; cellulis ovato-rotundis, inferioribus elongate-quadratis, omnibus chlorophyllosis. Perigynia juniora paucifoliata, foliis ecostatis basi ovatis medio ligulatis obtusis apice erosis; archegoniis et paraphysibus paucis. Cetera ?

La Réunion : Hauts de Saint-Paul, à Bel-Air et aux Martyrs, VALENTIN, 1876; associé à d'autres mousses.
Maurice : Robillard (in herb. de GEHEEB).

Très proche de l'*Homalia exigua* B. et Lac., de la flore javanaise et dont on ne connaît que la plante mâle. Notre espèce est-elle la plante femelle ou une espèce distincte ? En l'absence des capsules nous ne pouvons trancher la question.

Fam. VI. HYPNO-NECKERÆ.

Gen. I. POROTRICHUM Brid.

S° *Anastrephidium* C. Müll.

1. *P. Robillardi* C. Müll., in herb. — Dioicum. Cespites laxi, intricati, valde ramosi, e viridi flavescentes subnitidi. Caulis uncialis basi nudus squamis obtectus, dein arcuato-pinnatus vel dendroideo-ramosus, ramis tenellis obtuse acuminatis vel

proliferis attenuatis flagelliformibus sæpe longe stolonaceis. Folia caulina imbricata, e basi lata biplicata deltoidea, concava, acuminata, subtiliter serrata, costa lata infra apicem evanida ; folia ramea minora angustiora longe ovata valde concava basi biplicata, apice in acumen brevem latum subrecurvum subito protracta, marginibus ob plicas revolutis e basi denticulatis supra usque ad apicem serrulatis, costa ultra medium evanida, cellulis ovali-rhombeis flavidis parietibus pellucentibus. Folia perichætialia ovato-lanceolata, longe acuminata, integerrima, ecostata. Cetera ignota.

La Réunion : FRAPPIER (in herb. Mus. Par.).
Maurice : DE ROBILLARD (DUBY et GEHEEB comm.).

Cette mousse se rapproche beaucoup du *P. Comorense*, mais elle en diffère par un port moins robuste, par des tiges moins longues mais plus ramifiées, et par les feuilles plus courtes, dentées dès la base. Elle présente cependant de nombreuses variations : tantôt les tiges sont très ramifiées, très longues, terminées, ainsi que les rameaux, par des flagelles stoloniformes et garnies de feuilles d'un vert jaunâtre, lâchement imbriquées; d'autes fois elles sont très courtes, flabelliformes d'un vert roussâtre, simplement pinnées, à rameaux courts dépourvus de flagelles et revêtus de feuilles étroitement imbriquées; dans ce dernier cas les rameaux inférieurs dégénèrent souvent en filaments d'un vert sombre pourvus de loin en loin de très petites feuilles.

2. *P. Comorense* C. Müll., Linn. XL, p. 270.

Comores: Anjouan, dans les forêts, HILDEBRANDT, n° 1834.

Sect°. *Euporotrichum*.

3. *P. pennæfrondeum* C. Müll., *l. c.*

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT †.

Sect°. *Pinnatella* C. Müll.

4. *P. Geheebii* C. Müll., *l. c.*

Comores : Anjouan, associé au *Neckera Comoræ*, HILDEBRANDT †.

5. *P. tamariscinum* Hpe, in Linn. XXXVIII, p. 219, sub *Pterobryo;* C. Müll., Linn. XL, p. 272, sub *Porotricho.*

Madagascar : Rorchgrewink, n° 15 †.
Comores : Anjouan, Hildebrandt †.

Species incertæ sedis.

Pilotrichum limbatum Hpe, Linn. XXXVIII, p. 220.

Madagascar : Forêt d'Alamazautra, Borchgrewink, n° 14†.

Gen. II. THAMNIUM Sch.

Th. Hildebrandtii C. Müll., in Linn. XL, p. 287.

La Réunion : Frappier (herb. Mus. Par.) ; plaine des fougères, sur les pierres des ruisseaux, 1839, Lépervanche, nos 28 et 34 (herb. Thuret) ; Environs de Hellbourg, mai 1875. G. de l'Isle, n° 258 ; Hauts de Saint-Paul et de Cilaos, Valentin.
Maurice : associé au *Rhacopilum*, de Robillard (herb. Duby).
Comores: Anjouan, mai 1850, Boivin (herb. mus. Par.); juillet 1875, Hildebrandt (C. Müll. comm.).

Forma *conferta*, ramis confertis, foliis minus distichis erecto-patentibus vel erectis obscuris.

La Réunion : associée à la forme type à Hellbourg, G. de l'Isle.

Gen. II. DISTICHOPHYLLUM Dz. et Molk.

D. Mascarenicum Besch. — Synoicum. Caulis simplex vel parce dichotomus, semi-uncialis rufo-sulfureus. Folia erecto-patentia, sicca crispula, laxe imbricata undulata, basi paulo angustiore, longe spathulata, sublinguæformia, apice breviter acuminata, integerrima, acumine tantum parce denticulato, margine e seriebus 3-4 cellularum flavidarum composito ; cellulis ceteris pellucidis superioribus 5-6 angulatis, mediis magis regulariter hexagonis, ad basin longioribus subrectangularibus elongatis fuscis; folia perigamia pauca, parva, longe

ovata, acuminulata, ecostata, anguste marginata, cellulis hyalinis elongatis, archegoniis 5-10, antheridiis paucissimis, paraphysibus brevissimis subclavatis. Capsula in pedicello geniculato deflexo 3-4 mill. longo scaberrimo purpureo horizontalis, minuta, ovata, infra os coarctata, nigrescens; operculo conico subulato. Calyptra scaberrima, basi longissime fimbriata. Peristomium *D. Mitteni*.

Offre le pédicelle rugueux et la coiffe scabre du *D. udulatum* Dz. et M., l'inflorescence et les feuilles du *D. acuminatum*; diffère du *D. limpidum* Mitt., de Ceylan, dont il se rapproche le plus, par les feuilles crispées, composées de cellules plus petites et à marge plus large.

Trib. XVI. HOOKERIACEÆ.

Fam. I. MNIADELPHEÆ.

Gen. DALTONIA Hook. et Tayl.

1. *D. minor* Besch. — *D. splachnoidi* similis, sed minor. Caulis simplex vel parum divisus. Folia viridia, erecto-patentia, rigidiuscula, dimidio minora, angustiora, ligulato-acuminata, limbata, integerrima, margine recurvo. Capsula tenella, turbinella, lævis, collo et pedicello superne scabris. Calyptra minuta basi eleganter fimbriata.

La Réunion : G. de l'Isle, n° 313 (échantillons très-rares).

2. *D. stenoloma* Besch. — Habitu *D. splachnoidi* similis sed major. Cespites densi pallide rufescentes. Folia erecta angustiora longe acuminata, margine revoluto vix distincto vel e 2-3 cellulis elongatis angustis composito, integerrima, costa ultra medium evanida. Capsula angusta, ovata, erecta, collo longiusculo, pedicello apice scabro. Peristomium breve. Calyptra lævis basi fimbriata.

La Réunion : G. de l'Isle (très rare); Lépervanche.

3. *D. latimarginata* Besch. — Synoica. *D. scaberulæ* Mitt. similis. Folia sicca contorta, basi elliptica, latius limbata,

acute lanceolata, margine subtiliter dènticulata, concava, costa ultra medium evanida, cellulis ovalibus fere pellucidis, basilaribus rectangularibus hyalinis. Folia perigamia brevissima, basi vaginantia, lanceolata, immarginata, ecostata, subdenticulata. Capsula in pedicello 4-6 mill. longo e medio scaberrimo erecta vel ob torsionem colli inclinata, ovata, minuta; operculo conico rectirostro. Calyptra scabriuscula. Peristomii dentes lutei e medio granulosi opaci, interni æquilongi basi valde latìoribus fere abrupte angustis filiformibus papillosis. Sporæ maximæ.

La Réunion : Ravine sèche, associé au *D. minor*, et plaine des Palmistes, G. de l'Isle; sommet de la rivière des Roches, P. Lépervanche.

Fam. II. HOOKERIEÆ.

Gen. I. ACTINODONTIUM Schgr.

A. hirsutum Besch. — Monoicum; habitus plagiothecioideus. Caulis prorepens decumbens, ramis angustis erectis 4-5 cent. longis simplicibus pallide viridibus. Folia lateralia subdisticha remota ovato-acuminata irregularia e medio denticulata serratave, filis septatis fuscis commixta; costis brevibus inæqualibus; cellulis chlorophyllosis rhombeis. Folia perichætialia late acuminata, minuta, denticulata. Folia perigonialia cymbiformia, interna plus minus acuminata integra ecostata. Capsula in pedicello 3-4 mill. longo ascendenti undique setulis fuscidulis hirsuto inclinata, minuta, ovata (junior). Calyptra parce ramentosa basi laciniata, lævis. Peristomium *A. ascendentis*.

La Réunion : sur les arbres, près de Sainte-Agathe, août 1875, G. de l'Isle, n° 419 *bis;* plaine des Palmistes, id. n° 293.

Var. *ramosum*, differt : caule ramoso, calyptra magis ramentosa.

La Réunion : Belous, au-dessus de la plantation de quinquina, juillet 1875, G. de l'Isle, n° 419. Rare.

Gen. II. LEPIDOPILUM Brid.

Sectio : ***Plagiotheciella***, habitus plagiotheciodeus, caulis repens ramis assurgentibus fasciculatis, raro divisis, laxe foliosis ; capsula longe pedicellata horizontalis ovato-oblonga.

1. *L. Isleanum* Besch. — Monoicum, laxe cespitosum, viridiusculum vel rufescens, nitidulum. Caulis uncialis plagiothecioideus, parum divisus, laxifolius, mollis. Folia compressa, lateralia patentia curvata flexuosa mollia basi rotundata late ovata fere symmetrica apice acuminata haud limbata e medio ad apicem denticulata vel serrata, costis binis fere æqualibus brevibus ; folia intermedia minora ovata ecostata integra, omnia cellulis late hexagonis utriculo primordiali repletis. Perigonia paucifolia infra perichætium prodentia, foliis ovatis concavis late acuminatis integris ecostatis. Perichætii folia elongate ovata, longius acuminata, ecostata, integra. Capsula in pedicello 10-15 mill. longo purpureo lævi vel apice ruguloso erecta vel horizontalis, cylindrica vel elliptica, sæpe arcuata, infra os coarctata, collo longo attenuato, operculo late conico recto breviter et obtuse acuminato. Peristomii dentes interni externos æquantes, alterni flavidi. Calyptra lævis brunnescens infra operculum vix descendens.

La Réunion : entre les branches de *Calamagrostis* (?) Belous, 25 mai 1874. G. DE L'ISLE n° 183.

Voisin de l'*Actinodontium ascendens* Schgr., de Ceylan, mais plus grand dans toutes ses parties ; diffère en outre par ses feuilles denticulées, plus larges à la base, par l'inflorescence monoïque et par la forme des dents péristomiales.

2. *L. cespitosum* Besch. — Dioicum? Caulis compressus cespitosus ramis brevibus luteo-viridibus nitidis divisus. Folia ovato-oblonga, concava, erecta, apice serrato subrecurva, fere subito acuminata, breviter cuspidata, costis tenellis basi distantibus supra medium evanidis lævibus; cellulis elongate hexagonis utriculo primordiali repletis. Folia perichætialia

angustiora, sensim cuspidata, serrulata. Capsula in pedicello semiunciali lævi horizontalis, inferne dorso corrugata. Calyptra sublævis lobata operculum obtegens. Peristomii dentes externi late sulcati, siccitate arcuati, densissime trabeculati, articulationibus valde dorso prominentibus, interni illis æquilongi carinati grisei punctulati.

La Réunion : Dans les bois, près de Hellbourg, mars 1875, G. DE L'ISLE. Rare.

Diffère du précédent par les tiges plus courtes, les feuilles latérales plus étroites et oblongues, et par les feuilles périchétiales dentées, plus longuement cuspidées.

S° *Hypnolepidopilum* C. M.

Habitus hypnoideus, folia cellulis amplis elongatis flaccidis pulchre reticulata.

3. *L. flexuosum* Besch. — Monoicum. Caulis ramosus gracilis pallide viridis, nitidus. Folia heteromalla imbricata patula, sicca arcuato-recurva flexuosa, oblongo-lanceolata, supra medium denticulata, concava, costis elongatis apice in spinam desinentibus; cellulis amplis fere undique æqualibus elongatis chlorophyllosis. Folia perichætialia e basi vaginantia, concava sensim acuminata, tenella, integra. Capsula in pedicello scaberrimo 1 cent. longo rubello erecta vel inclinata, obovata; operculo breviusculo obtuso basi late conico. Calyptra lævis infra operculum descendens, basi laciniata. Peristomii dentes externi fusci, cuticula sulco flavido late fimbriata, interni æquilongi flavidi.

La Réunion : plaine des Palmistes, G. DE L'ISLE, n° 293. Rare.

4. *L. brunneolum* C. Müll., Linn., XL, p. 251.

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT.

S° *Hookeriadelphus.*

Habitus hookerianus, caulis fructifer ramis fasciculatis repentibus divisus.

5. *L. Darntyi* Sch., in herb. — Monoicum. Caulis repens intricatus madore complanatus ramosus, ramis simplicibus vel fasciculato-divisis. Folia magna madida mollissima viridissima, siccitate erecto-patentia flexuosa, incurva, subnitida, acinaciformia, omnia similia, basi rotundata integra, supra medium serrata late et obtuse acuminata immarginata costis binis ultra medium evanidis inæqualibus; cellulis amplis hexagonis, inferioribus rectangularibus chlorophyllosis. Folia perichætialia minora, vaginantia, acuminata, integra, ecostata. Fructus cauligeni. Capsula in pedicello unciali superne scabriusculo horizontalis, ovata, sub ore strangulata, operculo oblique rostrato. Peristomii dentes externi cristati, interni æquilongi carinati inter articulationes hiantes, ciliis nullis vel rudimentariis. Calyptra lobis fuscis fissa, superne vix scabra.

Maurice : sur les vieux arbres, montagne du Pouce, 13 septembre 1874, Darnty, n° 19.

Très belle espèce qui se rapproche des *Hookeria* par le port, mais en diffère par les feuilles arquées irrégulières.

Gen. III. ERIOPUS Brid.

1. *E. asplenioides* Brid., in Bryol. II, p. 345, sub *Pterygophyllo;* W. Arnott, Dispos., p. 56, sub *Hookeria;* C. Müll., Syn., II, p. 202, sub *Pterygophyllo.* — Dioicus? Caulis procumbens arcuatus, deflexus, longus v. longissimus (5-20 cent.), plerumque ramosus, complanatus, ætate brunnescens, junior glaucus, luteo-viridis ramos paucos unciales vel longiores remotos emittens. Folia sicca subdisticha, lateralia latissime ovata patentia, media minora rotunda erecta late apiculata, omnia concava basi angusta obsolete denticulata e medio spinuloso-serrata, omnino e 3-5 seriebus cellularum elongatarum angustarum latissime marginata, costa basi crassa in

duobus cruribus inæqualibus brevibus divisa; cellulis amplis undique rhombeis parietibus crassis viridibus chlorophyllosis, basilaribus longioribus latioribusque. Folia perichætialia rotunda cochleariformia, abrupte in cuspidem lævem vel erosulam protracta, ecostata; archegonio post fœcundationem filamentis hyalinis longis paraphysiformibus erectis cincto. Capsula in pedicello crasso albide viridi 12-15 mill. longo scaberrimo-setuloso horizontalis, ovata vel oblonga, collo crasso strumoso; operculo breviter conico apiculato rectirostro. Peristomii dentes externi lanceolati validi densissime articulati, lamellosi, membrana dorsali crassa sulcata sulco verticali rimoso anguste exarata, interni æquilongi integri vel inter articulationes pertusi vel apice hiantes, e membrana dimidia longitudine dentium producta; ciliis rudimentariis vel 2-3 in uno brevissimo lato coadnatis. Calyptra brevissima, mitrata, operculum solum obtegens, scaberrima, basi eleganter ut in gen. *Daltonia* fimbriata.

La Réunion : lieux élevés, BORY (stérile in herb. COSSON); RICHARD, n° 688 (in herb. Mus. Par., stérile); sommet du Brûlé de Saint-Denis, id, n° 570, et plaine des Palmistes, n° 318, G. DE L'ISLE, avec fruits rares; sommet de la rivière des Roches, 1876, avec capsules, Paul LÉPERVANCHE.

2. *E. fragilis* C. Müll., Linn., XL, p. 254.

Comores : Anjouan, HILDEBRAND.

Gen. IV. HOOKERIA Sm.

S° *Euhookeria.*

1. *H. Auberti* P. Beauv., Prod., p. 58, sub *Rhacopilo*; Brid., *Spec. Musc.*, II, p. 28, sub *Neckera*; C. Müll., *Syn.*, II, p. 190, sub *Hookeria*. — Cespites virescentes, habitu *H. albicanti* Hook. similes. Folia caulina oblonga, basi latiora, paullo inæqualia, abrupte longiuscule acuminata, flexuosa haud crispula, madore mollissima, supra medium acute serrata, limbo flavido e cellularum serie duplici composito, costis longis vix

callosis ultra medium evanidis; cellulis amplis regulariter hexagonis mnioideis parietibus crassis chlorophyllosis, inferioribus longioribus parietibus angustioribus. Folia perichætialia minuta apice serrata, vel angulate denticulata ecostata. Capsula in pedicello unciali rubro lævi horizontalis, obconica, collo corrugatulo; operculo longe rectirostro capsulam fere æquante. Calyptra operculum obvolvens, sublævis, basi profunde laciniata fusca.

La Réunion : sur les rochers, aux environs d'Hellbourg, 23 mai 1875, G. DE L'ISLE, n° 174 (*e. p.*).

Maurice : AUBERT DU PETIT-THOUARS (Herb. Mus. Par.).

2. *H. vesiculosa* Brid., *Spec. Musc.*, II, p. 100, sub *Hypno*; C. Müll., *Syn.*, II, p. 190, sub *Hookeria*.

La Réunion : associé au *Pilotrichella imbricata* (*fide* BRIDEL, *l. c.*).

Maurice : BÉLANGER, stérile (in herb. MONTAGNE, sub *H. albicante* Brid.) :

3. *H. Borbonica* Besch. — Monoica? Cespites lati, dense intricati virides luteo-rufescentes vel purpurei haud nitentes. Caulis depressus complanatus ramis brevibus vel semiuncialibus obtusis pinnatus. Folia lateralia oblonga symmetrica medio latiora basi angusta apice abrupte longe acuminata denticulata crispula mollia, limbo e tribus seriebus cellularum angustarum elongatarum composito undique marginata, costis crassiusculis infra apicem evanidis, cellulis amplis e medio hexagonis parietibus flavidis haud chlorophyllosis, infra medium elongate quadratis vel obsolete longe hexagonis hyalinis; folia dorsalia basi truncata ovato-lanceolata, sensim cuspidata, apice denticulata, costis tenellis, cellulis elongatioribus. Perichætia crassa foliis erectis apice crispatis basi truncatis concaviusculis sensim longe cuspidatis subintegris obsolete costatis. Capsula in pedicello 15-30 mill. longo lævi horizontalis, madore ovata, sicca obconica; operculo conico subulato

curvulo. Peristomium magnum. Calyptra basi vix lobata apice sublævis.

La Réunion : (herb. Mus. Par.); Belous, fond de la petite plaine, sur les arbres, juillet 1875, G. DE L'ISLE, n° 418; LÉPERVANCHE, 1878.

Forma *inundata*, caulibus fluitantibus longissimis remote ramosis, foliis lutescentibus.

La Réunion : herb. HUSNOT.

S° *Callicostella.*

4. *H. fissidentella* Besch.—Habitus *H. saxatilis*. Caulis fissidentioides viridis inferne pinnatus iterum ramosus superne elongatus simplex, latiuscule complanatus. Folia lateralia oblongo-ovata, flexuosa, concava, basi rotundata, fere symmetrica, obtuse acuminata, marginibus uno latere vaginantibus e medio ad apicem serrulatis, costis longis divergentibus superne dorso parce dentatis; cellulis superioribus papillosis irregulariter quadratis vel angulatis chlorophyllosis, inferioribus elongatis rectangularibus vix papillosis sed utriculo primordiali repletis. Capsula in pedicello 2 cent. longo apice vix scabro horizontalis, ovata, badia. Cetera?

La Réunion : bois, près d'Hellbourg, mars 1875, G. DE L'ISLE.

5. *H. Salaziæ* Besch. — Synoica, habitu coloreque *H. papillatæ* Montg. similis. Caulis repens, pinnatus, fusco-viridis vel rufescens. Folia lateralia oblongo-ligulata, plus minus lata, acuminata, tenuiter dentato-papillosa, dorso valde papillosa, costis e basi divergentibus infra apicem evanidis dorso paullo dentatis, cellulis minutis rhombeis obscuris inferioribus rectangularibus pellucidis; folia dorsalia ovata, longe subulata, brevius bi-costata, integerrima, lævia, elongate et laxe areolata. Folia perichætialia brevia lanceolata tantum in acumen dentatum papillosa. Capsula in pedicello unciali apice scabro horizontalis, ovata, sub ore coarctata, brevicollis; operculo basi late conico curvirostro. Calyptra profunde laciniata

apice scabra brunnea. Peristomii dentes interni rugulosi haud perforati.

La Réunion : sur les arbres pourris, à Salazie, LÉPERVANCHE, 1839, n° 21 (herb. THURET).

6. *H. lacerans* C. Müll., in *Linn.*, XL, p. 250.

Iles Comores : Anjouan, HILDEBRANDT, 1875.

Var. *nossiana*, foliis acutioribus, cellulis dorso papillosis.
Nossi-Comba : sept. 1879, MARIE.

Var. *aquilenta*, caulibus fluitantibus latioribus pinnatim ramosis, ramis patentibus inæqualibus plus minus longioribus (1-4 cent.), foliis patentioribus majoribus.
Nossi-Comba : 1879, MARIE.

7. *H. Seychellensis* Besch. — Synoica. Cespites depressi sordide brunnei. Caulis pinnatim ramosus, ramis 5-10 mill. longis patulis. Folia remota, patula, disticha, diversiformia, nunc late ovalia basi rotundata breviora excavata fere symmetrica, nunc longiora ovali-ligulata asymmetrica, omnia acumine brevi latiusculo obliquo prædita, costis crassis superne parce dentatis, marginibus e medio ad apicem eroso-serratis; cellulis parvis chlorophyllosis vix papillosis, inferioribus laxioribus teneris pellucidis. Folia perichætialia vaginantia vel late ovata apice subito vel sensim ligulata denticulata vel superne erosula. Capsula in pedicello 10 mill. longo intense purpureo superne curvato e medio scabro horizontalis vel pendula, pro planta minuta, globoso-ovata, in collum longum asperum attenuata; operculo late conico rostrato. Calyptra apice scabra, inferne longe et acute laciniata.

Iles Sychelles : au bord d'un ruisseau, à Praslin, à côté de la Grande Anse, décembre 1875, G. DE L'ISLE.

Voisin de l'*Hookeria Prabaktiana* C. Müll., de Java et de l'*H. lacerans* C. Müll., des Comores ; diffère du premier par les feuilles moins obtuses et pourvues d'un acumen aigu, ainsi que par la capsule courte et globuleuse ; il paraît s'éloigner du deuxième par les feuilles plus régulièrement symétriques.

8. *Hookeria* (?) *Le Duceana* Montg., in *Voyage de la Bonite* p. 292, et Sylloge, p. 13.

La Réunion : GAUDICHAUD (fide MONTAGNE).

Galega : LE DUC (id.). (1)

Gen. V. CHÆTOMITRIUM Dz. et Molk.

1. *C. Borbonicum* Besch. — Monoicum, depressum, ramis numerosis pinnatis ascendentibus simplicibus vel ramulosis nitidis lutescentibus divisum. Folia caulina late ovata subcymbiformia apice acute acuminata contracta serrata, folia ramea patentissima vel recurva ovata concava fere e basi dentata apice abrupte in acumen latiusculum recurvum dentatum contracta, dorso serrato-papillosa ecostata vel obsolete bicostata, cellulis angustis ad apicem prominentem subpapillosis. Folia perigonialia acuminata serrata haud ciliata. Folia perichætialia majora et longiora, plicata, e medio ad apicem summopere ciliata, setulis patentibus simplicibus vel furcatis et ramosis. Calyptra in pedicello 15 mill. longo inferne et superne lævi e medio subscabro inclinata, operculo longirostro. Peristomium generis. Calyptra (junior) pilis erectis inspersa.

La Réunion : sur les bois morts, LÉPERVANCHE, 1839 (in herb. THURET et herb. Mus. Par.).

Proche par le port du *C. leptopoma* C. Müll., et du *C. Vrieseanum* Lac.; diffère du *C. Comorense* par les feuilles squarreuses fortement dentées et composées de cellules dont le sommet fait saillie en dessous en forme de papilles pointues.

2. *C. Comorense* Hpe., *Linn.*, XL, p. 253.

Comores : Anjouan, sur les bois pourris, 1875, HILDEBRANDT, n° 1837.

3. *C. cataractarum* Besch. — Dioicum? repens, prostratum,

(1) Les échantillons de Galéga constituent une simple variété du *Rhaphidostegium Duisabonæ* et ne sauraient être rapportés à aucun genre de la tribu des *Hookeriacées ;* nous n'avons pas vu les échantillons provenant de la Réunion.

ramis remotis vix 5 mill. longis obtusis laxe foliosis erectis vel pinnatis patulis fuscis limosis brunnescentibus. Folia caulina laxa, tenera, basi truncata latiora, e medio ad unum latus dejecta, apice contracta subcucullata, latiuscule cuspidata; folia ramea breviora acuminata, omnia integerrima vel apice subdenticulata, costa obsoleta, cellulis basilaribus pellucidis obsolete laxe hexagonis, ceteris obscuris nodulosis. Cetera ignota.

Nossi-bé : cascade d'Andradroart, mars 1851, BOIVIN (herb. Mus. Par.).

Trib. XVII. FABRONIACEÆ.

Gen. I. FABRONIA Raddi.

F. Personi Schgr., Suppl., I, P. II, p. 339, tab. XCIX; C. Müll., Syn., II, p. 33; *Fabronia jungermannioides* Bory, in Brid., Bryol., II, p. 169.

La Réunion : sur les troncs pourris, BORY (herb. Mus. Par.); Belous, bras de Caverne, 25 mai 1874, G. DE L'ISLE, n° 214; Cilaos, hauts du Matarum, 1876, VALENTIN.

Maurice : BORY et DU PETIT-THOUARS (fide BRIDEL, *l. c.*).

Gen. II. SCHWETSCHKEA C. Müll. Linn. 1875, p. 429.

S. Grateloupii Montg., *Ann., sc. nat.*, 1845, p. 100, sub *Anomodonte*; C. Müll., *Syn.*, II, p. 82, sub *Neckera* (*Leptohymenio*).

La Réunion : sur les écorces d'arbres (herb. GRATELOUP).

Trib. XVIII. LESKEACEÆ.

Fam. I. LESKEEÆ.

Gen. LESKEA Hedw.

L. Mauritiana Besch. — Monoica; caulis gracilis, sordide viridis, repens, ramis erectis inæqualibus (1-10 mill.) tenuissimis filiformibus divisus. Folia caulina et ramea similia, imbricata, superne erecto-patentia, ovata, rotundata, apice

obtuse acuminata vel obtusa, integerrima, costa lata infra apicem evanida; cellulis ovato-hexagonis, inferioribus marginatis que quadratis vel oblatis, omnibus utriculo primordiali repletis. Flores caulini. Folia perichætialia albescentia, ovato-lanceolata, concava, longiora, longe acuminata, denticulata, areolatione pellucida. Capsula in pedicello circiter 5 mill. longo lævi ovato-elliptica, erecta. Cetera ignota.

Maurice : associé au *Pterogoniella Schimperi* et au *Leptohymenium fabronioides*, DARNTY.

Fam. II. PSEUDOLESKEÆ.

Gen. I. PSEUDOLESKEA Br. et Sch.

1. *P. tenuissima* Besch. — Dioica? habitu *Ps. catenulatæ* simillima, dense cespitosa, viridi-fuscescens, ramis longis filiformibus julaceis tenuissimis. Folia densissime imbricata, minuta, madida erecta vel erecto-patentia, sicca arcte appressa, ovato-ligulata, obtuse acuminata, margine papillosa, costa vix distincta; cellulis papillosis tenuibus ovato-quadratis opacis. Cetera desunt.

Maurice : DUISABO (in herb. Mus. Par., sub *Leskea fragili* H. et W.).

2. *P. subfilamentosa* Kiær, in herb. — Cespites intricati, fusco-rufescentes. Caulis repens, pluries divisus, subpinnatim ramosus, ramis inæqualibus erectis. Folia conferta, incurva, ad caulis apicem subsecunda, e basi cordato-ovata, concava, integerrima vel ad apicem papilloso-crenata, marginibus e basi revolutis, costa valida dentata tantum infra cellulas apicales hyalinas evanida; cellulis undique grossis rotundatis papillosis. Folia perichætialia pallida, erecta, longiora, lanceolata, longe acuminata, lævia, costata, laxe elongateque areolata. Capsula in pedicello 12-15 mill. longo purpureo cernua oblonga; operculo oblique brevirostrato. Calyptra agentea

Madagascar : BORGEN, 1874 (herb. KLÆR).

Gen. II. THUIDIUM Sch.

S° *Thuidiella.*

1. *T. perscissum* C. Müll., *Linn.*, XL, p. 286.

A la diagnose donnée par M. Ch. Müller (*l. c.*) nous devons ajouter les renseignements suivants :

Foliis perichætialibus externis submuticis ecostatis. Capsula in pedicello geniculato inferne scaberrimo, superne vix aspero 1 cent. circiter longo inclinata, ovata, sicca late aperta. Peristomii dentes interni externis vix breviores, connati, ciliis binis latis in uno coadunatis, brevioribus scabris griseis.

Comores : Anjouan, sur les troncs d'arbres, Boivin, mai 1850, échantillons copieux, mais stériles (in herb. Mus. Par.), Hildebrandt, n° 1844.

Mayotte : Marie (c. fr.).

2. *T. pseudo-involvens* C. Müll., *Linn.*, XL, p. 285.

Comores : Anjouan, Hildebrandt, n° 1835.

3. ***Th. Borbonicum*** **Besch. — Monoicum. Cespites intense virides, confervoides. Caulis intricats eleganter bi-tripinnatus, ramis pinnatis gracillims brevissimis. Folia caulina late cordato-hastata, basi subdecurrentia subabrupte apiculata, apiculo recurvo, margine erosa papillosa, costa lata sub apice evanida; folia ramea minutissima patula crispata ovata concaviuscula acuminata erosa papillosa, costa pallida infra apicem evanida. Folia perichætialia erecta elongata lanceolata, dentato-serrata, costa excurrente. Capsula in pedicello 2 cent. longo purpureo gracili lævi torto horizontalis vel inclinata, operculo oblique rostrato.**

La Réunion : Hellbourg, G. de l'Isle, n° 175.

Voisin du *Th. versicolor* du Cap, mais différent, au premier abord, par ses feuilles lâchement crispées comme dans le *Th. involvens*. Nous avons reçu de M. Geheeb, sous le nom de *Th. subperscissum* C. Müll., une

mousse stérile récoltée par M. de Robillard à Maurice, qui paraît se rapporter à notre *Th. Borbonicum*, mais l'absence de fructification nous empêche d'être affirmatif à cet égard.

4. *T. subscissum* C. Müll., in litt. — Monoicum. Cespites minutuli, graciles, repentes, intricati, ætate fuscescentes ramis regulariter pinnatis, ramulis simplicibus remotis æqualibus teretibus gracillimis, paraphyllis numerosis brevissimis. Folia caulina concava erecta flexuosa latiuscule hastata, margine e basi ad medium revoluta, dorso papillosa, erosa, costa excurrente; folia ramea ovata acuminata, costa infra apicem evanida. Folia perichætialia ovato-lanceolata in acumen longum cuspidatum obsolete denticulatum desinentia, margine e medio ciliis filiformibus longis simplicibus fimbriata. Capsula in pedicello 1 cent. longo scabro et scaberrimo flexuoso superne arcuato horizontalis, ovata vel ovato-cylindrica, regularis, eurystoma; operculo aciculari curvirostro. Peristomii dentes interni externos æquantes, ciliis ternis liberis vel coadnatis brevioribus papillosis. Calyptra cucullata, basi integra, apice ramentosa.

Nossi-bé : sur les bords des ruisseaux de Loucoubé, mars 1851, Boivin (herb. Mus. Par.); Nossi-bé, Nossi-Comba, Ankiabé, Antourtour, 1879, Marie.

8° *Tamariscina*.

5. *T. matarumense* Besch. — Dioicum, habitu *T. delicatulo* (Bryol. Eur.,) simile, elatum. Caulis solidus, bipinnatus, ramis pinnatis, ramulis brevioribus patulis simplicibus. Folia caulina basi truncata late deltoidea, excavata, plicata, abrupte anguste apiculata, dorso papillosa, margine e basi ad apiculi basin revoluta, grosse papilloso-erosa, costa subexcurrente, cellulis basilaribus rubris; folia ramea ovata, obtusiuscula, papillis obtecta. Folia perichætialia anguste ellipsoidea, concava, inferiora patentia margine ciliato-serrata, superiora elongatiora medio parce laciniato-fimbriata, dein in acumen

basi canaliculatum longissime loriforme valdeque serratum flexuosum producta. Cetera desunt.

La Réunion : Cilaos, hauts du Matarum 1877, VALENTIN; Plaine des Palmistes, avril 1839. LÉPERVANCHE (herb. THURET).

Cette mousse se rapproche, par le port, du *T. Mascarenicum* C. Müll., à en juger du moins par la diagnose de l'auteur, mais en diffère par ses feuilles périchétiales très longuement accuminées loriformes et fortement ciliées à la marge.

6. *T. Mascarenicum* C. Müll., Syn., II, p. 485, sub *Hypno* (*Tamariscella*).

La Réunion : BORY (*fide* C. MÜLLER, l. c.)

7. *T. fuciforme* Brid., Spec. II, p. 135, et Bryol. II. p. 432, sub *Hypno*.

La Réunion et Maurice : BORY SAINT-VINCENT (*fide* BRIDEL.)

Trib. XIX. HYPNACEÆ.

Fam. I. RHEGMATODONTÆ.

Gen. I. MACROHYMENIUM C. Müll.

M. acidodon C. Mont., in Ann. sc. nat., 1845, p. 96 et Syllog., p. 19, sub. *Leskea*; *Rhegmatodon rufus* C. Müll., Syn., II, p. 30 (*ex parte*). — Monoicum, dense cespitosum, rufescens, nitens, ramis brevibus dense foliosis simplicibus vel parce divisis robustis ascendentibus. Folia caulina et ramea subpatentia fere heteromalla, ovata vel ovato-lanceolata, concaviuscula, oblique acuminata, basi rotundata, ad insertionem breviora, ecostata, marginibus integerrimis vel obsolete denticulatis anguste recurvis; cellulis flavidis grosse ovato-ellipticis obsolete hexagonis, ad angulos superioribus paucis brevibus, inferioribus majoribus quadratis fuscis. Perigonia ad perichætii vicinitatem sita, ovata, minutissima, foliis paucis ovatis valde convolutis apiculatis marginibus erosis,

antheridiis 10-15 brevibus. Perichætia longe exserta cylindrica foliis erectis majoribus anguste lanceolatis longe acuminatis denticulatis, costis binis brevibus inæqualibus fuscis. Capsula in pedicello 9-12 mill. longo torto lævi erecta, ovata, rufa, basi strumosa, apice vix coarctata, exannulata; operculo basi late conico longe et oblique rostrato capsulam æquante. Calyptra conica capsula brevior, uno latere profunde fissa, basi breviter laciniata. Peristomii dentes externi breves obtuse lanceolati dense trabeculati in linea divisurali exarati subitò in cuspidem longam ciliiformem e duabus seriebus cellularum compositam producti, interni duplo longiores carinati rigidi lutei fere omnino inter articulationes hiantes perforati.

La Réunion : Richard (in herb. Montagne et hb. Mus. Par.); Boivin; Frappier (hb. Mus. Par.); plaine des Cafres, G. de l'Isle, n° 421; Lépervanche, 1877.

Forma *acutissima*, foliis longioribus erecto-patentibus apice angustius acutis, capsula ætate badia, calyptra magis lobata.

Madagascar : Pervillé (herb. Mus. Par.)
Seychelles : près la baie Sainte-Anne, G. de l'Isle.

Cette mousse diffère sensiblement du *Macrohymenium rufum* C. Müll. de Java, avec lequel elle a souvent été confondue : le port est plus robuste, les feuilles caulinaires sont arrondies à la base, les feuilles périchétiales sont denticulées et plus longuement acuminées, les processus sont perforés entre les articulations, etc.

Fam. II. CYLINDROTHECIEÆ.

Gen. I. LEPTOHYMENIUM Schgr.

L. fabronioides C. Müll., in litt. sub *Pterygynandro*. — Dioicum. Cespites late extensi intricati intense vel lutescente virides. Caulis repens passim radicans, irregulariter pinnatim ramosus, ramis 5-10 mill. longis simplicibus interdum furcatis capillaribus julaceis cuspidatis vel attenuatis. Folia caulina densissime imbricata ovato-lanceolata sensim longiuscule cuspidata integerrima costa obsoleta, folia ramea breviora acu-

minata, omnia cellulis angustis subrhombeis ad apices dorso prominentibus subpapillosis, alaribus oblatis chlorophyllosis parietibus pellucidis ad marginem numerosis costam versus paucis areolata. Cetera ignota.

Maurice : DE ROBILLARD (herb. DUBY et GEHEEB).
Nossi-Comba : sur les rochers, août, 1879, MARIE.

Gen. II. CYLINDROTHECIUM Sch.

C. geminidens Besch. — Monoicum, habitu *C. Dregeano* Hpe et *C. plicato* C. Müll. simile, late complanatum, planissimum, pinnatum, intense viride, radicans. Folia turgide imbricata vel erecto-patentia, ovato-acuminata, concava, acumine obliquo, serrulato-denticulata, costis binis brevibus plerumque obsoletis, margine vix reflexa; cellulis angustis ad angulos quadratis numerosis chlorophyllosis. Folia perichætialia late ovato-lanceolata, vaginantia, longe cuspidata, integra, ecostata, cellulis elongatissimis; folia externa valde minora obtusissima vel rotundata. Capsula in pedicello rubello 2-3 cent. longo lævi ovato-cylindrica, erecta; operculo conico recto rubro. Peristomii dentes externi 16 geminati inter articulationes remotas hiantes apice coadnati rufi longitudinaliter striatuli, interni 16 concolores æquilongi fissiles.

La Réunion : sur la terre, près de Hellbourg, juillet 1875. G. DE L'ISLE, n° 257.

Très voisin par le port et par la forme des feuilles du *C. Dregeanum* du Cap.

Fam. III. ORTHOTHECIEÆ.

Gen. I. HOMALOTHECIUM Sch.

H. Boivinianum Besch. — Cespites laxi, robusti, lutescentes, subsericei. Caulis primarius repens ramis brevibus simplicibus vel breviter ramulosis erectis vel sciuroideis apice sæpe in flagellam laxifoliam protractis flexuosis inordinate ramosis. Folia caulina lanceolata, latiuscule acuminata, dense imbri-

cata, erecta, flexuosa, biplicata, undique denticulata, costa infra apicem evanida; cellulis linearibus obsolete hexagonis, alaribus numerosis laxe quadratis granulosis amplioribus. Perichætia squarrosa albicantia foliis externis brevibus ovato-lanceolatis vaginantibus, superioribus lanceolatis longissime cuspidatis, cuspide divaricata denticulata, longe costatis. Capsula sæpe gemina in pedicello 25 mill. longo valde tortili lævi erecta, longe cylindrica (4 mill.) nigrescens, ore vix angustiore; operculo basi late conico longe et oblique rostrato. Calyptra cucullata, lævis, uno latere alte fissa, operculum solum involvens. Peristomiun normale duplex (ut videtur).

Grande Comore : mai 1850, Boivin (herb. Mus. Par.)

M. Ch. Müller, à qui nous avions communiqué cette mousse, l'a rapportée au genre *Leucodon* et lui a donné le nom de *L. subsericeus*. Par son port, ainsi que par la forme et le tissu de ses feuilles, elle se rapproche davantage du genre *Homalothecium* ; malheureusement, les échantillons récoltés par Boivin n'offrent que de très rares capsules, en assez mauvais état d'ailleurs, et, en l'absence du péristome, qui nous paraît cependant être double, il nous est impossible de trancher la question d'une manière définitive.

Fam. IV. HYPNEÆ.

Gen. I. BRACHYTHECIUM Sch.

1. *B. atrotheca* Duby, in *Choix de mousses exotiques*, etc., sub *Hypno*. — Monoicum. Cespites laxe condensati intricati, virides, subsericei. Caulis decumbens laxe et irregulariter ramosus et ramulosus, ramis plumosis attenuatis apice sæpe radicantibus erectis vel decumbentibus. Folia caulina basi truncata, margine complicata, ramea breviora erecta vel erecto-patentia ovato-lanceolata sensim longe acuminata concava e basi serrata, costa supra medium evanida. Folia perichætialia erecta, dentata, in cuspidem longissimam integram attenuata. Capsula in pedicello 2-3 cent. longo fusco lævi vel superne scabriusculo erecta vel inclinata, magna, turgide ovata, badia, ætate nigricans, deoperculata ore late aperta; operculo basi late convexo breviter acuminato. Peristomii

dentes interni valde hiantes, ciliis duobus brevioribus imperfectis.

La Réunion : sur les rochers, près de Hellbourg, mai 1875, G. DE L'ISLE, n° 174.

Maurice : DE ROBILLARD, associé à *Ectropothecium galerulatum* (herb. DUBY et GEHEEB) ; Ravines de la Réunion, Vacoa, DARNTY, 1876.

Cette espèce, que nous avons aussi reçue de M. Geheeb, sous le nom de *Hyp. malacobolax* C. Müll., offre de nombreuses variations quant au port et à la couleur des feuilles, mais ces formes, qui peuvent provenir d'influences locales, ne sont pas assez importantes pour constituer même des variétés. Les échantillons de M. de l'Isle, récoltés sans doute dans un endroit humide, sont d'un vert intense et rappellent les formes grêles du *B. populeum* d'Europe, tandis que ceux de Richard, recueillis dans des localités plus sèches, sont d'un jaune brillant et ont quelque analogie avec le *Camptothecium lutescens* et certaines formes de l'*Homalothecium sericeum*. La longueur des pédicelles varie de 1 à 3 centimètres et la capsule ne présente pas toujours la couleur noire que M. Duby lui assigne.

2. *B. Valentini* Besch. — Dioicum. Caulis repens arcuato-decumbens, lutescens, ramis plumosis simplicibus vel breviter ramulosis inæqualibus. Folia erecto-patentia vel erecta, caulina latiora, omnia basi late ovato-lanceolata in cuspidem falcatulam vel obliquam protracta, toto ambitu acute serrata, costa medium versus deficiente; cellulis laxis rhombeis vestigio utriculi primordialis notatis. Perigynium magnum foliis erectis numerosis longissime attenuato-cuspidatis serrulatis. Cetera?

La Réunion : Hauts de Saint-Paul, Bellemène, VALENTIN 1876. (Echantillon unique, mêlé à d'autres mousses.)

Cette mousse se rapproché, par la couleur et la forme des feuilles, du B. *glareosum* d'Europe ; mais elle en diffère, au premier abord, par les feuilles dentées en scie et par le port, qui rappelle celui du *Camptothecium lutescens*.

3. *B. Borgenii* Hpe., Linn. XXXVIII, p. 220, sub *Sciurohypno*.

Madagascar : BORGEN, n° 21.

4. *B. inconditum* Besch. — Monoicum, repens incondite ramosum, luteo-viride vel fulvellum, nitidulum, ramis inæqualibus. Folia ovato-lanceolata, basi concava, flexuosa, scariosa, plerumque patentia, acute acuminata, apice falcatula, integerrima, ecostata; cellulis hexagonis angustis hyalinis. Folia perichætialia longiora, longe cuspidata, laxius reticulata integerrima. Capsula in pedicello unciali lævi rubello erecta, ovata, ætate obliqua horizontalisve, arcuatula, sub ore coarctata; operculo breviter acuminato. Peristomii processus integri dentibus externis æquilongi, ciliis binis brevioribus.

La Réunion : parmi les touffes d'herbes humides, à Sainte-Agathe, juillet 1875, G. DE L'ISLE, n° 319.

Ressemble un peu par le port aux formes inondées du *Rhynchostegium megapolitanum* et de l'*Eurhynchium prælongum*, mais en diffère entièrement par l'opercule et l'absence de nervure.

Gen. II. EURHYNCHIUM Sch.

E (?) *acicladium* Besch. — Monoicum. Habitu *E. crassinervio* simile. Caulis procumbens tota longitudine fere radicans pinnatim ramosus, ramis 1 cent. longis in caule erecto patentibus, repente erectis, plerumque simplicibus subjulaceis attenuatis sæpe apice rhizophoris dense foliosis intense viridibus. Folia erecta, caulina basi latiora subtriangularia, ramea ovata subabrupte in cuspidem longam hyalinam serratam flexuosam vel torquatam attenuata, marginibus e basi rotundata serratis, costa infra medium evanida crassiuscula. Perigonium crassum foliis numerosis longe cuspidatis serratis. Perichætii folia anguste lanceolata, ecostata, longissime attenuata, cuspide subdenticulata. Capsule ignota pedicellum unciale purpureum læve. Cetera desunt.

La Réunion : sommet du Brûlé de Saint-Denis, M[lle] Berthe LÉPERVANCHE, 1876.

Par le port, cette mousse rappelle les formes grêles de l'*Eurhynchium crassinervium* d'Europe ; ce dernier s'en éloigne suffisamment par ses feuilles plus larges et plus brièvement cuspidées. En l'absence de la

capsule et de l'opercule, il nous est difficile de décider si notre mousse appartient au genre *Brachythecium* ou au genre *Eurhynchium*.

Gen. III. RHYNCHOSTEGIUM Sch.

1. *R. distans* Besch.—Monoicum. Caulis elongatus arcuato-decumbens fasciculate vel vage ramosus, ramis longis erectis vel arcuatis apice radicantibus laxissime foliosis pallide viridibus sericeis. Folia remotissima valde distantia, patentia, scariosa, subdisticha, elongate ovata, inferiora minora obtuse ovata ecostata, media basi rotundata acute et torquate acuminata, marginibus serratis, costa tenella ad medium evanida; cellulis laxis chlorophyllosis vel utriculi primordialis vestigio notatis, superioribus laxioribus. Perigonii folia integra. Perichætii folia vaginantia, ovata, costata, abrupte in cuspidem longam tenuem patulam subintegram continua. Capsula in pedicello 25-30 mill. longo purpureo lævi horizontalis vel arcuato-pendula, ovata, sub ore coarctata; operculo crasso ascendente rostrato basi albido apice brunnescente. Peristomii dentes externi cristati, longe capillacei, interni vix hiantes, ciliis tribus brevioribus articulatis. Calyptra lævis.

La Réunion : LÉPERVANCHE, 1839 (herb. THURET) ; dans une grotte, sur la route de Saint-Pierre à Saint-Benoît près de Sainte-Agathe, très bien fructifié, 12 juillet 1875, G. de L'ISLE, nº 323 *bis*.

Très voisin du *R. herbaceum* Mitt., de Ceylan, dont il diffère notamment par des feuilles plus espacées, plus aiguës et par des pédicelles beaucoup plus longs.

2. *R. homalobolax* C. Müll., in herb. Geheeb. — Monoicum, precedenti simile sed caulibus brevius ramosis et densius foliosis, foliis fusco-viridibus paulo brevioribus; peristomii dentibus externis longius filiformibus, internis valde hiantibus liberis, ciliis duobus.

Maurice : DUISABO, 1839 (herb. MONTAGNE, sub *Hypno serrulato* Hedw.); DE ROBILLARD (herb. GEHEEB).

3. *R. Comoræ* C. Müll., Linn. XL, p. 281.

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT, 1875.

Gen. VI. RHAPHIDOSTEGIUM Sch.

S° 1. — *Teesdalina*, caulis fasciculato-ramosus, folia rigida subpungentia cellulis lævibus.

1. *R. rufo-viride* Besch. — Habitu *R. ruficauli* Mitt. simile. Cespites densi rufo-virides subsericei. Caulis decumbens fasciculato-ramosus, ramis brevibus plumosis. Folia patentia, rigida, apice torquata, angustissima, elongate lanceolata, tenuiter cuspidata, concaviuscula, obsolete denticulata, ecostata; cellulis incrassatis lævibus, alaribus tribus oblongis vesiculosis fuscidulis, basilaribus inter angulos intense fuscis. Folia perichætialia minora, vaginantia, latiuscula, cuspidata, argute serrata. Capsula in pedicello 7-8 mill. longo e medio scabro horizontalis vel ob curvaturam pendula, minuta, ovata; operculo longirostro capsulam æquante. Peristomium? Calyptra sublævis, basi infima pilis erectis raris hirta.

Nossi-Comba : août 1879, MARIE.
Seychelles : Mahé, forêt-noire, G. DE L'ISLE.

Cette mousse forme avec les *Rh. Levilleanum* Dz. et Molk, de Java, *Rh. Balansæanum* Nob., de la Nouvelle-Calédonie, et le *Rh. ruficaule* Mitt., de Ceylan, un groupe naturel, bien distinct par le port des autres espèces congénères.

S° 2. — *Rhaphidorrhynchum* Mitt. (*Aptychus* C. Müll.), folia cellulis lævibus haud papillosis.

α. — Cellulæ pellucidæ.................. { *Rh. crispans*. *Rh. replicatum*. *Rh. crassiusculum*. *Rh. ovalifolium*. *Rh. angusticymbeum*. }

β. — Cellulæ utriculo primordiali repletæ.
1. Cellulæ ovatæ hexagonæ......... *Rh. Duisabonæ*.
2. Cellulæ anguste elongatæ....... { *Rh. sinuosulum*. *Rh. rubricaule*. }

2. *Rh. crispans* Besch. — Monoicum, cespitosum, pallide luteo-viride. Caulis gracilis tenerrimus varie ramosus uncialis. Folia sicca laxe patentia crispula, apice ramorum secunda torquata, gracillima, angustissima ovato-lanceolata, falcatula, concava, cuspidata, apice subdenticulata, ecostata; cellulis augustis linearibus lævibus, alaribus tribus oblongis vesiculosis flavidis. Perigonia minutissima, gemmacea. Folia perichætialia erecta, vaginantia, minora sed latiora, late acuminata, haud cuspidata, denticulata. Capsula in pedicello 5-6 mill. longo tenuissimo rubello lævi erecta vel inclinata, parvula, oblongo-gibbosula, ore aperto, operculo longirostro. Peristomii dentes interni lutei angustissimi, ciliis ? Calyptra lævis.

La Réunion : Paul LÉPERVANCHE, associé à d'autres mousses.

3. *Rh. replicatum* Besch. — Monoicum. Caulis decumbens gracilis varie ramosus, ramis 5-10 mill. longis simplicibus vel divisis compressiusculis apice obtusis arcuatis albide stramineis homomallophyllis. Folia concava elliptica abrupte breviter et oblique acuminata, secunda, subhomomalla flavidula, nitida, ecostata, marginibus in exteriora anguste replicatis, integerrimis ; cellulis superioribus ovalibus infra angustis linearibus subvermicularibus hyalinis sed obsolete unipapillosis, alaribus 3-4 vesiculosis flavidis ætate fuscidulis. Folia perichætialia longe ovata, sensim late acuminata, denticulata, basi laxius areolata ; archegonia numerosa paraphysibus destituta. Capsula in pedicello lævi purpureo 18-20 millim. longo horizontalis, ovata, sub ore valde constricta ; operculo subulato rectirostro. Peristomii dentes cristati lutei, interni tenuissimi vix hiantes pellucentes. Calyptra lævis.

La Réunion : sur les Calamets, plaine des Palmistes, juill. 1875, G. DE L'ISLE, n° 326.

Diffère des formes grêles du *R. Duisabonæ* par les feuilles plus étroites, plus élargies au sommet et par les feuilles périchétiales larges et fortement dentées.

4. *Rh. crassiusculum* Brid., Sp. Musc. II, p. 242; sub *Hypno*; Schwg., Suppl. I, II, p. 271, tab. 91, sub *Hypno*; Brid., Bryol., II, p. 384 (ex parte), sub *Isothecio*; C. Müll., Syn. II, p. 405, sub *Hypno*.

La Réunion : sur les troncs d'arbres, BÉLANGER (herb. MONTAGNE).

Maurice : DUISABO, 1839 (herb. MONTAGNE); sur les vieilles souches, Gros-bois et montagne de la Rivière-Noire, BOIVIN, 1841 (herb. Mus. Par.).

Tristan d'Acunha : DU PETIT-THOUARS.

5. *Rh. ovalifolium* Besch. — Monoicum. Caulis repens decumbens pinnatim ramosus, ramis brevibus vix 1 cent. longis distiche foliosis viridi-lutescentibus subnitidis. Folia disticha erecto-patentia, ovalia, obtuse acuminata, e basi contracta, ecostata, marginibus planis denticulatis; cellulis linearibus subhexagonis angustissimis pellucidis, alaribus pluribus vesiculosis hyalinis. Folia perichætialia lanceolata longe attenuato-cuspidata dentata. Capsula in pedicello 25-35 mill. longo tenuissimo purpureo lævi erecta, ovata, infra orem strangulata. Cetera desunt.

Nossi-Bé : forêt du Loucoubé, mars 1851, BOIVIN (herb. Mus. Par.).

6. *Rh. Duisaboanæ* Besch. *Leskea Duisaboana*; Mont., in Annal. sc. nat. 3ᵉ série 1845, p. 97 Syll., p. 19, et C. Müll., Syn. II, p. 309, sub *Hypno*. — Monoicum, cespitosum, virescens, vix nitidum vel e luteo fulvescens nitescens. Caulis repens arcte adhærens, ramis simplicibus vel furcatis homomallophyllis compressis vel laxe julaceis. Folia erecto-patentia, late ovato-acuminata, concava, integerrima, costis binis brevissimis vix notatis vel nullis; cellulis superioribus hexagonis vel rhombeis, inferioribus sublinearibus utriculo primordiali repletis, alaribus superioribus paucis magnis quadratis pellucidis, inferioribus 3-4 subvesiculosis hyalinis vel flavidis. Folia perichætialia erecta, complicata, caulinis longiora. Capsula in pedicello

1 cent. longo rubello lævi inclinata, subgibbosa, brevis, arcuatula; operculo ascendenti longirostro. Peristomii dentes externi madore incurvi fulvelli cristatuli, interni hyalini granulosi carinati haud pertusi, ciliis singulis brevibus fugacibus. Calyptra lævis.

Le *Rh. Duisaboanæ*, de même que le *Rh. cespitosum* des Antilles, varie beaucoup comme port, comme couleur et comme disposition de feuilles ; cette différence tient sans doute à l'influence des localités où il a été recueilli, car on ne rencontre dans les diverses variétés énumérées ci-après aucun caractère assez saillant pour constituer une espèce spéciale.

Forma *virescens*, ramis compressis, foliis virescentibus laxe imbricatis.

Maurice : DUISABO (herb. MONTAGNE) ; M. J. ANDERSSON (ANGSTRÖM, comm.) ; DE ROBILLARD (herb. DUBY, sub *Hypno Robillardi*) ; sur les rochers à Plaisance et à la Montagne fertile, DARNTY, n°s 10, 11, 27 et 28 (herb. SCHIMPER), échantillons très beaux et très copieusement fructifiés.

Var. *lutescens*, laxe cespitosum, ramis subjulaceis parum compressis, foliis lutescentibus.

Maurice : COMMERSON (herb. Mus. Par.).

Var. *Nossianum*, humilius, foliis erectis subecostatis angustioribus intense viridibus.

Nossi-Comba : MARIE 1879.

Var. *granulosum*, ramis majoribus arcuatis subcompressis luteo-viridibus sericeis ramosioribus, foliorum cellulis granulosis subpapillosis, capsulæ pedicello 13-15 mill. longo, dentibus externis magis cristatis, ciliis longioribus.

La Réunion : sur les arbres, dans les bois humides, à Sainte-Agathe, juillet 1875, G. DE L'ISLE, n° 327.

Var. *rigidiusculum*, ramis erectis vel flexuosis, foliis glauco-lutescentibus rigidiusculis. (*Hypnum Lecoultriæ*. Dub., in Choix de mouss. 1876, p. 8).

Maurice : Mad. LECOULTRE (herb. DUBY).

Var. *rufulum*, ramis brevioribus, foliis densius imbricatis rufulis, cellulis marginalibus subtiliter prominentibus, alaribus flavidis, capsula sæpe suberecta.

Maurice : DUISABO (in herb. Mus. Par., sub *Leskea constricta* Brid., d'après MONTAGNE); BOIVIN, octobre 1849.

Bridel et Schwægrichen ne s'accordent ni sur la nervation des feuilles du *Leskea constricta*, ni sur la rugosité du pédicelle capsulaire; comme nous n'avons pu nous procurer l'échantillon type de Du Petit-Thouars et que les échantillons nommés par Montagne ne répondent pas complètement à la diagnose des auteurs, nous n'avons pas cru devoir y rapporter cette variété.

Var. *Le Duceanum* (*Hookeria Leduceana* Mont., Syll., p. 13; *H. Leducensis*, id. mss., in herb.), tenellum, gracilius, virescens, folia in ramis elongatis patentia, brevioribus arcuatis homomalla angustiora acutiora, cellulis angularibus vix coloratis, capsula minuta horizontalis sæpe erecta sub ore constricta.

Galega : LEDUC (in herb. MONTAGNE).

7. *Rh. sinuosulum* Besch. — Monoicum. *Rh. crassiusculo*, Brid. affine, sed ramis longioribus subjulaceis curvatis, foliis imbricatis erectis apice sinuosulis viridibus integerrimis, capsula suberecta differt.

La Réunion : plaine des Palmistes, sur les rochers, dans le lit de la Ravine-Sèche, 12 juillet 1875 G. DE L'ISLE, n°s 312 et 324.

8. *Rh. rubricaule* Besch. — Monoicum. Caulis repens cortice purpureo, pinnatim ramosus, ramis sæpius longitudine æqualibus ramosis vix 1 cent. longis. Folia flavida nitentia, basi anguste ovata lanceolata, concava, e basi erosa ad apicem torquatum denticulata, ecostata; cellulis anguste hexagonis lævibus, alaribus longioribus subvesiculosis pellucidis flavidis. Folia perichætialia longiora, subvaginantia, subabrupte longissime acuminata, denticulata, cellulis opacis areolata. Capsula in pedicello 2 cent. longo lævi rubro tortili inclinata vel hori-

zontalis, collo tuberculoso; operculo late hemisphærico rostro fere capsulam æquante. Peristomium minutum dentibus externis incurvis apice subaduncis dorso scabro, internis æquilongis in membranam elatam productis, ciliis singulis vel duobus tunc coalitis.

Nossi-Bé : sur les troncs d'arbres, associé au *Jægerina solitaria*, PERVILLÉ, 1841, n° 805.

9. *Rh. angusticymbeum* C. Müll., Linn., XL, p. 283.
Comores : Anjouan, HILDEBRANDT, 1875.

S° 3. — *Microcarpidium* C. Müll.

10. *Rh. nematocaulon*, C. Müll., Linn., XL, p. 281.
Comores : Anjouan, HILDEBRANDT.

11. *Rh. gibbosulum*, C. Müll. l. c., p. 282.
Comores : Anjouan, HILDEBRAND.

S° 4. — *Trichosteleum* Mitt. (*Sigmatella* et *Cupressina* C. Müll.). Folia cellulis superioribus papillosis.

A. Cellulæ unipapillosæ, papilla e media cellula exserta.

α. Pedicellus scaber..................	*Rh. Debettei*. *Rh. stictum*. *Rh. microdontum*.
6. Pedicellus lævis....................	*Rh. leptorrhynchum*. *Rh. adhærens*. *Rh. decolor*. *Rh. loucoubense*. *Rh. subulatulum*.
B. Cellulæ pluripapillosæ.............	*Rh. Borbonicum*. *Rh. pseudo-amœnum*. *Rh. subscabrisetulum*.

12. *Rh. Debettei* Besch. — Cespites densissime et latissime expansi, deplanati, luteo-virides, velutinoides, nitidi. Caulis brevis fasciculatim breviterque ramosus. Folia erecto-patentia, dense conferta, oblongo-lanceolata, concava, basi constricta, superne longe acuminata haud cuspidata acumine flexuoso ecostata, marginibus incurvis apice denticulatis; cellulis fere omnibus elongatis angustis, papilla media unica

dorso valde prominente præditis, alaribus binis maxime ventricosis fuscis. Folia perichætialia longissima, cuspidata, minus vel vix papillosa. Capsula in pedicello 10 mill. longo rubro superne scabro pendula, minuta, urceolata, subtuberculosa, basi strangulata, collo scabriusculo. Peristomium ? Calyptra lævis.

La Réunion : sur le tronc des arbres, au sommet du Brûlé de Saint-Denis, DEBETTE, 1876.

Rappelle par son port le *Rhynchostegium tenellum* d'Europe.

13. *Rh. stictum* Besch. — Monoicum, dense cespitosum, elatiusculum, luteo-viride. Caulis repens intricatus irregulariter et breviter ramosus, ramis crassis subcompressis patentifoliis apice erectifoliis. Folia concava, elliptico-lanceolata in cuspidem elongatam denticulatam producta, ecostata, marginibus infra partem angustiorem flexuosam involutis; cellulis papilla unica ornatis, alaribus pluribus oblongis majoribus fuscis. Folia perichætialia vaginantia, lævia, apice serrata, subabrupte in cuspidem flexuosam serratam protracta. Capsula in pedicello 12-15 mill. longo superne scabro horizontalis, atra, minuta, ovata, infra orem coarctata. Peristomii dentes externi cristati, ciliis singulis brevioribus.

Seychelles : G. DE L'ISLE, associé au *Rh. Borbonicum* et au *Rh. decolor*.

14. *Rh. microdontum* Besch. — Monoicum. Caulis repens, arcte adhærens, ramosus, obscure lutescens. Folia erecto-patentia, concava, anguste ovato-lanceolata, integra, vel apice obsolete denticulata, ecostata, marginibus flexuosis incurviusculis; cellulis alaribus tribus fuscis vesiculosis, ceteris angustis linearibus unipapillosis. Folia perichætialia vaginantia, externa ovata integra, interna caulinis similia, sed argute serrata et obsolete papillosa. Capsula in pedicello 3-4 mill. longo tenuissimo superne scabro horizontalis vel subpendula, ovata, minutissima, sub ore coarctata, omnino subtuberculosa. Peristo-

mli minutissimi dentes externi breves valde cristati fusci, interni æquilongi papillosi; ciliis singulis vel nullis. Cetera desunt.

Nossi-Bé : sur les arbres, forêt de Loucoubé, mars 1851. BOIVIN (herb. Mus. Par.) et MARIÉ, 1879.

15. *Rh. leptorrhynchum* Brid., Bryol. II, p. 621; (ex parte) sub *Stereodonte*; C. Müll., Syn. II, p. 313, sub *Hypno* (*Cupressina*). — Monoicum. Caulis depressus, ramis vage pinnatis vix 5 mill. longis parce et breviter divisis flavido-lutescentibus subnitentibus Folia caulina angustissime lanceolata, concava, apice varie flexuosa, falcata, in acumen latiusculum elongatum dentatum producta, costis brevibus vix distinctis, cellulis linearibus obsolete papillosis, alaribus ternis majoribus anguste vesiculosis flavidulis. Flores masculi minutissimi gemmacei foliis ovato-acuminatis brevibus integris, folia perichætialia latiora et longiora apice erecta vel flexuosa reflexa, magis dentato-serrata. Capsula in pedicello 15-30 mill. longo purpureo lævi horizontalis, angustissime cylindrico-oblonga sub ore constricta; operculo longissime aciculari capsulam fere æquante Capytra lævis. Peristomii brevis dentes externi lutei latere paullo cristati; ciliis singulis nodosis æquilongis.

La Réunion: sur les troncs d'arbres dans les forêts, BORY (herb. COSSON); FRAPPIER (herb. Mus. Par); P. Lépervanche; POTIER (herb. Expos. perman. des Colonies).

Maurice: BORY.

N. O. de Madagascar: PERVILLÉ, 1841, n°ˢ 817 et 825 (herb. Mus. Par.).

16. *Rh. adhærens* Besch. — Monoicum. Caulis elongatus repens pinnatim ramosus, per totam longitudinem radicans cortici arborum arcte adhærens, lutescens vel senior rufescens nitidus, ramis brevibus cuspidatis sæpe innovando pinnatis ramulosis radicantibus. Folia patentia, apice flexuosa, subbifaria, basi constricta, elongate et anguste ovato-lanceolata, longissime cuspidata, margine e basi subdenticulata, costis obsoletis vel

nullis; cellulis alaribus 3-4 majoribus oblongo-ventricosis hyalinis, ceteris anguste linearibus papilla unica medio ornatis. Folia perichætialia similia, lanceolata, angustiora, magis denticulata obsolete papillosa. Capsula in pedicello 10-12 mill. longo purpureo lævi horizontalis, vel subpendula, tenella, ovata, basi annulari-globosa, sub ore coarctata. Cetera ut in *Rh. Borbonico*.

La Réunion : sur les écorces d'arbres, associé au *Rhaphid. Borbonicum*, FRAPPIER.

Se rapproche du *Rh. leptorrhynchum* par ses tiges ramifiées; mais s'en éloigne par les feuilles étalées, longuement sétacées et par des cellules angulaires beaucoup plus développées. Le *Rh. Borbonicum*, auquel cette mousse est intimement associée, en diffère au premier abord par les feuilles d'un jaune sombre, falciformes, à cellules garnies, chacune, de 4 ou 6 papilles.

17. *Rh. decolor* Besch. — Dioicum? Habitu *Taxithelio plano* simile. Caulis repens radicans, adhærens, intricatus, regulariter pinnatus, ramis brevibus vix 5 mill. longis decoloribus glauco-luteis simplicibus erectis haud cuspidatis. Folia caulina majora, ovato-lanceolata, concava, longe cuspidata, ramea disticha patentia superiora minora brevius cuspidata, omnia e basi dentata ecostata; cellulis unipapillosis, alaribus (3-4) majoribus oblongis hyalinis. Folia perichætialia duplo longiora, lanceolata in cuspidem longam serratam producta. Capsula in pedicello longissimo (3-4 cent.) purpureo lævi flexuoso inclinata, ovato-cylindrica curvata. Peristomii dentes externi cristati incurvi, interni æquilongi papillosi, ciliis singulis brevioribus.

Seychelles: sur les écorces d'arbres, associé au *Rh. Borbonicum* et autres, G. DE L'ISLE.

18. *Rh. Loucoubense* Besch. — *Rh. decolori* simile, sed caulibus arcuato-decumbentibus, ramis interdum divisis, foliis glaucis lutescentibus brevius ovatis valde concavis cochleariformibus abrupte-latiuscule cuspidatis jam e basi argute serratis.

Nossi-Bé: forêt du Loucoubé, mars 1851, BOIVIN; août 1879, MARIE.

Sainte-Marie de Madagascar; forêt de Lefondrou (?) décembre 1849, BOIVIN (herb. Mus. Par.).

19. *Rh. subulatulum* C. Müll., Linn. XL, p. 284.

Comores: Anjouan, HILDEBRANDT, 1875.

20. *Rh. Borbonicum* Bél., C. Müll., Syn. II, p. 315, sub *Hypno*.

La Réunion: sur les troncs d'arbres, BÉLANGER (*fide* C. Müller, *l. c.*); FRAPPIER (herb. Mus. Par.); sommet de la Rivière des Roches, P. LÉPERVANCHE.

Maurice: de ROBILLARD (herb. Duby); sur les arbres morts, près du Grand Bassin, DARNTY, n° 13.

Seychelles : sur les écorces d'arbres, associé à d'autres espèces du même genre, G. DE L'ISLE.

21. *Rh. pseudo-amœnum* Bél., Voy. Ind. or. II, p. 87, sub *Hypno*; C. Müll., Syn. II, p. 266, sub *Hypno* (*Sigmatella*).

La Réunion: associé au *Rh. Borbonicum*, BÉLANGER (*fide* C. Müller., *l. c.*)

22. *Rh. subscabrisetulum* C. Müll., Linn., XL, p. 284.

Comores: Anjouan, HILDEBRANDT, 1875.

Species dubia.

23. R. *constrictum* Brid., Sp. Musc. II, p. 79 et Bryol., II, p. 290.

La Réunion: DU PETIT-THOUARS

Sect. III. — *Acroporium* Mitt.

Folia longiuscula pungentia, cellulis anguste elongatis lævibus, alaribus maximis.

24. *Rh. megasporum* Duby, Mém. Acad. Gen. 1877, tab. I, p. 4. — Synoicum. Cespites cohærentes; caulis secundarius

repens 5-10 cent. longus, ramis pinnatis erecto-patentibus uncialibus vel minoribus apice plerumque cuspidatis simplicibus vel ramosis lutescentibus nitidis. Folia secunda ovato-lanceolata, concava, acuta, apice ob margines involutos canaliculata, integerrima vel tantum summo acumine parcissime denticulata basi haud brevissima sed supra cellulas ventricosas constricta, ecostata vel obsolete bicostata; cellulis basilaribus aurantiacis ad angulos numerosis maximis ventricosis sæpe decoloratis; flores copiosi, foliis paucis vaginantibus abrupte irregulariter acuminatis denticulatis ecostatis. Capsula in pedicello brevi 1 centim. vix longo purpureo e medio scabro erecta, minuta, ovato-cylindrica, operculo late conico aciculari. Peristomii dentes externi angusti interni æquilongi ciliiformes flavidi. Calyptra e cellulis spiralibus formata, apice scabriuscula. Sporæ maximæ.

La Réunion: Richard, n° 577 (herb. Mus. Par.); Salazie, bois humides, 1839, Lépervanche (herb. Thuret); rive gauche du bras Piton, G. de l'Isle, n° 300; sommet de la Rivière des Roches et Brûlé de Saint-Denis, P. Lépervanche, 1876.

Maurice: de Robillard (herb. Duby).

N. O. de Madagascar: Pervillé, 1841, n° 829 (herb. Mus. Par.).

Espèce très voisine du *Rh. pungens* (Sw.), dont elle diffère par les feuilles caulinaires et raméales moins étalées, déjetées le plus souvent d'un seul côté, moins longuement acuminées, à marge non involutée dès la base, par ses feuilles périgomiales engaînantes, brusquement rétrécies en un large acumen denticulé et par le pédicelle capsulaire plus court, à peine scabre au sommet.

25. *Rh. Mahense* Besch. — Cespites virides nitiduli. Caulis repens ramis 1 cent. altis crassis dense foliosis cuspidatis ramosus. Folia patentia et patentissima, pungentia, concava, apice in cuspidem longissimam filiformem subdenticulatam flexuosam abrupte protracta, marginibus integerrimis in cylindrum involutis, cellulis alaribus 3-4 valde conspicuis maximis hyalinis, ceteris angustis linearibus chlorophyllosis. Folia peri-

chætialia breviora, ovata, vaginantia, sensim in cuspidem attenuata, horizontaliter nodoso-serrata. Capsulæ pedicellus rubellus, 15 mill. longus lævis. Calyptra lævis.

Seychelles: Forêt Noire, à Mahé, juillet 1876, G. de l'Isle.

Nota. On trouve dans l'*Adumbratio floræ muscorum*, de Jæger, la mention d'un certain nombre d'espèces de *Rhaphidostegium* de Maurice, de la Réunion ou de Madagascar qui ont été nommées par Schimper, mais dont la diagnose n'a jamais été publiée. Quoique ces noms doivent pour la plupart faire double emploi avec ceux que nous avons adoptés, nous les indiquons ci-après afin de mettre les botanistes qui posséderaient les échantillons de Schimper à même de les comparer avec ceux que nous avons décrits comme appartenant aux genres *Rhaphidostegium*, *Isopterygium* ou *Ectropothecium*.

Rh. Boivini, Madagascar, Boivin.
Rh. laxum, Maurice, Ayres.
Rh. piliferum, La Réunion, Bory et Richard.
Rh. cuspidatum, Madagascar, Pervillé.
Rh. hamulosum, La Réunion, Boivin.
Rh. luridum.
Rh. pallens.
Rh. polycarpum.
Rh. resupinatum.
Rh. Ayresii.
} Maurice (Ayres).

Gen. VII. TAXITHELIUM Spr.

Folia ramea ovata, late acuminata.

1. *T. planulum* Besch. — Habitu *T. plano* simile sed gracilius. Caulis repens intricatus, ramis plus minus longis sæpe æqualibus erectis compressis glauco-viridibus. Folia subdisticha, ovata, concava, basi strangulata, apice acuminata, ecostata, margine dentato-erosula, cellulis elongatis omnibus e 4 papillis præditis, alaribus paucis quadratis chlorophyllosis. Folia perichætialia intima longissime attenuata, cuspide crenulata, cellulis 4-papillosis. Capsula in pedicello 8-15 mill. longo purpureo erecta, minuta, obovata, brevicollis, ore obliquo. Peristomii cilia bina coalita. Calyptra lævis.

Nossi-Bé: forêt de Loucoubé, sur les arbres, août 1879, Marie.

Plus grêle que le *T. glaucophyllum* et différent par ses feuilles plus allongées, à marge crénelée et à cellules alaires carrées, ainsi que par la capsule irrégulière plus forte.

2. *T. glaucophyllum* Besch. — Monoicum, cæspitosum, intricatum. Caulis decumbens vage pinnatus, ramis brevibus compressis glauco-lutescentibus inferne nigrescentibus. Folia erecta, appressa, dense imbricata, subjulacea, ovata, minuta, concava, late sed acute acuminata, integra vel ob papillas marginales prominentes erosula, ecostata; cellulis angustissimis pluripapillosis, basilaribus laxis pellucidis, alaribus pluribus ovalibus haud vesiculosis hyalinis. Folia perichætialia vaginantia longiora abrupte in cuspidem longam integerrimam producta, laxe reticulata epapillosa. Capsula in pedicello filiformi 1 cent. longo lævi inclinata vel pendula, minuta, ovata; operculo conico brevi acuminato. Peristomii cilia nulla vel fugacia (?).

Madagascar : BERNIER (herb. THURET).

Nossi-Bé : forêt de Loucoubé, avril 1879, MARIE.

Se rapproche beaucoup par le port du *T. planum*, mais les rameaux plus grêles, les feuilles entières, la petitesse de la capsule l'en éloignent suffisamment.

Folia lanceolata.

3. *T. Nossianum* Besch. — Monoicum, tenuissimum, repens, decumbens, ramis erectis vix 3-5 mill. longis ætate fuscescentibus. Folia erecto-patentia, anguste ovato-lanceolata, basi contracta, sensim acuminata, apice falcatula, indistincte bicostata, marginibus e basi dentatis; cellulis anguste linearibus 4 papillis ornatis, inferioribus paucissimis quadratis hyalinis. Folia perichætialia latiora, vaginantia, sub abrupte in cuspidem laxe et læviter reticulatam attenuata. Capsula in pedicello 15-20 mill. longo gracillimo rubello lævi inclinata, minuta, elongate ovata, ætate fusca; operculo conico acuminato. Peristomium ?

Nossi-Bé, sur les vieux troncs d'arbres, PERVILLÉ (herb. Mus. Par.).

Folia rotundata.

4. *T. scutellifolium* Besch.—Monoicum. Caulis fragilis, homaloideus, arcuatulus, repens, pinnatim ramosus, ramis brevibus vix 8 mill. longis remotis patentibus apice obtusis. Folia ramea disticha, superiora conglobata, erecto-patentia, scutellata, concava, apice obtusissima, subrotunda vel truncata, margine erosa, breviter bicostata; cellulis omnibus anguste hexagonis tenuiter pluripapillosis. Folia perichætialia longiora in acumen longiusculum obtusum attenuata, cellulis obsolete papillosis areolata. Capsulæ pedicellus lævis purpureus. Calyptra (junior) basi breviter laciniata, apice rugosa. Cetera desunt.

Nossi-Comba: associé à *Hookeria Nossiana*, août 1879, MARIE.

Espèce remarquable qui se rapproche des *Homalia* par la disposition des feuilles raméales supérieures, des *Hookeria* par la coiffe scabre et fendillée à la base. Elle ne saurait cependant être séparée des *Taxithelium* en raison de la disposition des rameaux et de l'aréolation des feuilles; malheureusement, les capsules sont trop jeunes pour servir à déterminer avec quelque certitude la place que cette mousse doit occuper.

Gén. VIII. MICROTHAMNIUM Mitt.

1. *M. serratum*.—P. Beauv., Prod., p. 70; Schwgr. I, P. II, p. 206, Brid., II, p. 504 et C. Müll., Syn. II, p. 453, sub *Hypno*. — Monoicum. Caulis repens, arcuatus, decumbens, apice radicans et innovans, biuncialis vel longior, virescens, ætate lutescens, nitidus, vage ramosus et ramulosus. Folia caulina remotissima, patentia, reflexiuscula, basi late triquetra ovato-lanceolata, concava, longe cuspidata, flexuosa, denticulata, breviter bicostata; folia ramea erecto-patentia vel subpatula anguste ovato-lanceolata, acuminata basi obtuse, e medio ad apicem acute serrata, costis binis inæqualibus; cellulis omnibus angustissimis elongatis obscuris acumine prominente subpapillosis. Folia perichætialia basi triangulari-ovata, longissime cuspidata, subulata, apice denticulata, ecostata. Cap-

sula in pedicello 25-30 mill. longo purpureo lævi superne arcuato pendula, oblongo-cylindrica, inæqualis; operculo breviter oblique rostrato. Calyptra junior lævis. Peristomii normalis cilia singula.

La Réunion: sur les pierres, BORY (herb. COSSON): RICHARD, n° 586; FRAPPIER (herb. Mus. Par.); près de Sainte-Agathe, le long de la route de Saint-Pierre à Saint-Benoît, G. DE L'ISLE, n° 323.

Le pédicelle capsulaire de cette mousse est indiqué par Bridel comme étant de 1 à 3 pouces; dans les nombreux échantillons que nous avons eus sous les yeux, il ne dépassait pas 4 centimètres.

2. *M. madagassum* Besch. — Monoicum, inter *M. aureum* et *M. serratum* medium. Caules ad ramulos arcte adhærentes, vage pinnatim et breviter ramosi, flavicantes, nitidi. Folia caulina basi triangulari-ovata longe cuspidata subintegra ecostata, ramea erecto-patentia angusta ovato-lanceolata acutiora serrulata, obsolete bicostata, concaviuscula, haud plicata, cellulis ob apicem prominulum obsolete papillosa. Perigonia e ramulis enata, foliis falcatulis ovatis longe cuspidatis denticulatis. Perichætialia in ramo primario sita, foliis late triangulari-ovatis longissime cuspidatis denticulatis ecostatis. Capsula in pedicello 20-25 mill. longo tenui purpureo lævi horizontalis, gracilis, cylindrica, arcuata; operculo breviter rostrato. Calyptra ut in *M. aureo* pilis raris erectis basi hirta.

N.-O. de Madagascar.; PERVILLÉ (herb. Mus. Par.).

Très proche par le port du *M. serratum*, mais plus grêle et différent par ses feuilles à nervures indistinctes, les caulinaires plus aiguës et par la capsule arquée, horizontale.

3. *M. aureum* Besch. — Monoicum. Cespites latissimi intricati, aurei. Caulis repens, radicans, arcuato-decumbens, pinnatim vel fasciculato-ramosus, ramis brevibus vix 5 mill. longis. Folia caulina patentia, basi cordata concava lata paullo decurrentia subabrupte acuminata, superne denticulata e cellulis angustis vix papillosis ad angulos in macula parva dispositis

areolata, folia ramea erecto-patentia, anguste ovata, acuminata, concava, subbiplicata, e medio ad apicem acutum, serrulata, ecostata, e cellulis angustis plus minus conspicuis et papilla singula ornatis, reticulata. Perichætium flavidum foliis late ovatis abrupte longe subulatis apice nodosis vel subdenticulatis. Capsula in pedicello 3 cent. longo rubro lævi inclinata, oblongo-cylindrica, sicca sub ore constricta, badia; operculo brevirostri. Peristomii dentes externi lutei articulatis horizontaliter striati, ciliis tribus in uno coalitis rugulosis. Calyptra basi pilis filiformibus erectis paucis stipata.

La Réunion : sur l'écorce des arbres, RICHARD, n°s 589 et 681; FRAPPIER (herb. Mus. Par.); plaines des Palmistes, n° 335 (*ex parte*) et rive gauche de la Ravine Sèche à Sainte-Agathe, n° 301, G. DE L'ISLE; Cilaos et Saint-Leu, VALENTIN; sommet de la Rivière des Roches, P. LÉPERVANCHE.

Très voisin du *M. elegantulum*, dont il diffère au premier abord par un port moins robuste, les feuilles plus étroites, moins brillantes, la capsule plus allongée, supportée par un pédicelle beaucoup plus long. Le *M. serratum*, avec lequel il se trouve confondu dans divers herbiers, s'en distingue par un port plus élancé qui rappelle celui de l'*Eurhynchium striatum* d'Europe, par ses feuilles raméales plus grandes, plus espacées et ornées de deux nervures irrégulières bien distinctes et par les feuilles caulinaires beaucoup plus longuement cuspidées.

4. *M. limosum* Besch.—Monoicum; cespites molles sordide fusco-lutescentes. Caules ad terram limosam repentes, intricati, vix arcuati, pinnatim ramosi, ramis brevibus vix 1/2 cent. longis patentibus. Folia caulina basi ovato-lanceolata, cuspidata, obsolete bicostata, denticulata, cellulis angustis incrassatis areolata; folia ramea minutissima angustiora et breviora, patentia, lanceolata, longe acuminata, integra vel obsolete denticulata, subecostata. Folia perichætialia longe cuspidata, serrata, laxius reticulata. Capsula in pedicello 18-20 mill. longo purpureo lævi superne arcuato horizontalis, minuta, globosa. Cetera ignota.

La Réunion: sur la terre sablonneuse humide, route de Bethléem à Saint-Benoît, G. DE L'ISLE.

5. *M. protractulum* C. Müll., Linn., XL, p. 277, sub *Hypno* (*Cupressina*).

Comores: Anjouan, Hildebrandt, nº 1826 (herb. Geheeb).

Gen. IX. ISOPTERYGIUM Mitt.

1. *I. Combæ* Besch. — Monoicum. Cespites breves, pallide virides. Caulis repens humilis, complanatus, ramis brevibus simplicibus dense foliosis. Folia imbricata, apice divaricata, basi anguste ovato-lanceolata, curvula, acutissima, integerrima, bicostata; cellulis angustissimis vix chlorophyllosis. Folia perichætialia longiora cuspidata apice denticulata vel subnodosa. Capsula in pedicello vix 1 cent. longo lævi horizontalis vel nutans, ovata, minuta, haud vesiculosa. Peristomium minutum. Calyptra lævis.

Nossi-Comba, Marie, septembre 1879.

2. *I. chryseolum* Besch. — Monoicum. *I. argyroleuco* C. Müll. simile. Caules pallide aurei longiores, vage ramosi. Folia duplo longiora, longe cuspidata, apice curvula, subintegra vel apice ad margines rugulosa. Folia perichætialia longius cuspidata. Capsula in pedicello 17-18 mill. longo purpureo lævi ovato- globosa, pendula. Peristomium breve dentibus externis cristatis luteis, internis flavidis, ciliis fugacibus vel nullis.

La Réunion: au pied des tiges de *Rhizogonium*, Frappier (herb. Mus. Par.).

Offre beaucoup de ressemblance avec l'*I. argyroleucum* C. Müll., mais s'en distingue au premier abord par la couleur jaune doré des feuilles.

3. *I. argyroleucum* C. Müll., in herb. — Monoicum, pusillum, tenerum, albidum, sericeum, repens, pinnatim et breviter ramosum. Folia minuta, angustissime ovato-lanceolata, cuspidata, falcatula, apice sæpe obliquo, integerrima vel obsolete punctulato-denticulata; costis vix conspicuis; cellulis angustis. Folia perichætialia longiora, lanceolata, longius cuspidata,

subintegra, apice flexuosa torquata. Capsulæ (ignotæ) pedicellus inferne geniculatus, purpureus, lævis.

Maurice: associé à l'*Octoblepharum albidum*, de ROBILLARD (herb. GEHEEB).

Très proche de l'*I. subleptoblastum* C. Müll.; en diffère cependant, à première vue, par un port plus grêle, des tiges vaguement ramifiées et des feuilles de moitié plus petites.

4. *I. verruculosum* C. Müll., Linn., XL, p. 278, sub *Hypno* (*Taxicauli*).

Comores: Anjouan, HILDEBRANDT.

5. *I. leptoblastum* C. Müll., *l. c.* p. 280, sub *Hypno* (*Taxicauli*).

Comores: Anjouan, HILDEBRANDT.

6. *I. subleptoblastum* C. Müll., in litt. — Monoïcum, tenerum, depressum, late et laxe cespitosum. Caulis longe repens, ramis subregularibus pinnatis brevibus vix 5 mill. longis mollibus compressis luteo-albicantibus nitidis divisus. Folia caulina plumosa, imbricata, flaccida, concava, erecto-patentia, anguste ovato-lanceolata, longe cuspidata, apice sæpe torquatula, acuminis basi contractula subrevoluta, integerrima vel obsolete punctato-denticulata, costis binis brevissimis plus minus conspicuis sæpe inæqualibus; cellulis hyalinis elongatis angustis lævibus. Folia perichætialia longius subulata apice denticulata. Flos masculus ad femineum caulem enatus, foliis ovatis cuspidatis integerrimis. Capsula in pedicello 1 cent. longo purpureo tenuissimo lævi horizontalis, minuta, urceolato-globosa, sub ore constricta; operculo conico breviter acuminato. Peristomii dentes externi breves.

Comores: sur les vieux arbres morts à Mayotte, BOIVIN (herb. Mus. Par.).

Nossi-Comba: MARIE, 1879.

Moins robuste que l'*I. leptoblastum* et différent par les feuilles plus courtes, non piliformes.

7. *I. Boivini* Besch. — Monoicum; habitu præcedenti simile, sed foliis obtuse acuminatis haud cuspidatis e basi fere subdenticulatis, capsula verruculosa plerumque pendula.

Sainte-Marie de Madagascar : sur l'écorce des vieux arbres, au nord de Sabé, août 1851, Boivin (herb. Mus. Par.); Goudot (herb. Montagne).

Cette mousse est peut-être celle qui est désignée dans l'*Adumbratio Muscorum* de feu Jaëger sous le nom de *Microthecium Boivini* Sch.

8. *I. intortum* P. Beauv., Prod. p. 65, sub *Hypno*; Schwgr., I, II, p. 270, sub *Hypno*; Brid., II, p. 383, sub *Isothecio*; C. Müll., Syn. II, p. 398, sub *Hypno* (*Plumularia*).

La Réunion : sur la terre, Bory (*fide* Bridel, *l. c.*); Richard (herb. Montagne); sur les troncs d'arbres, associé à l'*Ectropothecium regulare*, Frappier (herb. Mus. Par.); Cilaos, sommet du Brûlé de Saint-Denis et de la Rivière des Roches, P. Lépervanche.

Maurice : Bory (*fide* P. Beauvois); Grateloup (herb. Montagne); sur les parties élevées de la montagne du Pouce, sur les branches de *Sciophila*, 1849, Boivin; sur les bois morts, près de Curepipe, Darnty, mars 1877, n° 22 (herb. Schimper).

L'*Hypnum doraton* Duby (in Mém. Soc. Genève), paraît n'être qu'une forme de l'*I. intortum*, différente seulement par la couleur d'un vert intense et par ses feuilles à cellules basilaires remplies de grains de chorophylle d'un beau vert qui offrent l'aspect de papilles effacées dans les cellules supérieures.

9. *I. radicans* Brid., Mant., p. 185, sub *Hypno?*; *Leskea serrulata* Brid., p. 763.

La Réunion : ....? †

Gen. X. ACROCLADIUM Mitt.

A. Auberti Brid., Bryol. II, p. 556, sub *Stereodonte*; C. Müll., *Syn.* II, p. 262, sub *Hypno* (*Homalia*); *Leskea nitens*, Brid., Spec. II, p. 50.

La Réunion : Plaine des Chicots et Piton des Neiges, BORY (*fide* BRIDEL); FRAPPIER (herb. Mus. Par.); Pas de Belcombe, 1876, P. LÉPERVANCHE (échantillons abondants, mais stériles).

Maurice : BORY (*fide* BRIDEL, *l. c.*); DU PETIT-THOUARS.

Grande-Comore : BOIVIN (échantillon unique).

Gen. XI. ECTROPOTHECIUM Mitt.

Folia lateralia angustissime areolata :	
Late et obtuse acuminata	*E. Valentini.*
Sensim acuminata	*E. Seychellarum.*
Omnino falcata subulata	*E. regulare*
Folia lateralia laxe areolata.	
Cellulis incrassatis :	
Folia rotundata. breviter acuminata. ecostata	*E. Boivini.*
Folia rotundata. breviter acuminata. bicostata	*E. Ayresii.*
Folia rotundata. sensim acuminata, ecostata	*E. hygrobium.*
Folia ovato-lanceolata. bicostata, integerrima	*E. Lepervanchei.*
Folia ovato-lanceolata. ecostata denticulata	*E. galerulatum.*
Folia ovato-lanceolata. ecostata integerrima	*E. glaucissimum.*
Cellulis pellucidis :	
Folia longe lanceolato-acuminata	*E. sphærocarpum.*
— breviter lanceolato-acuminata	*E. scaturiginum.* *E. viridulum.*

1. *E. Valentini* Besch. — Dioicum, cespitosum, deplanatum late expansum, viridiusculum, superne pallide viride, subnitens. Caulis elongatus, repens, intricatus, ramis pinnatis inæqualibus simplicibus vel ramulosis divisus. Folia inferiora patentia subdisticha flexuosa, superiora falcata ad apicem ramorum congesta, adunca, nitentia, omnia ovato-elliptica, basi concava apice obtuse acuminata, denticulata, costis binis brevibus viridiusculis sæpe obsoletis; cellulis angustis linearibus vix papillosis, alaribus paucis quadratis hyalinis. An *Hypnum viridulum* Brid. ?

La Réunion : Cilaos, VALENTIN; sommet de la Rivière des Roches, P. LÉPERVANCHE.

Se rapproche de l'*Hypnum viridulum* Brid., (*Bryol.* II. p. 622) dont nous ne connaissons que la diagnose assez courte donnée par l'auteur

et la description plus étendue fournie par M. Ch. Müll. Cette mousse diffère de l'*Hypn. scaturiginum* Brid. par ses feuilles dentées.

2. *E. Seychellarum* Besch. — Dioicum? Caulis intricatus, repens, per totam longitudinem radicans, eleganter pinnatus, ramis patentibus 5 mill. longis subæqualibus apice aduncifoliis. Folia sicca patentia in cuspidem subaduncam producta, flexuosa, luteo-viridia, nitentia, madida subdisticha, medio concava infra apicem arcuatum constricta, ovato-lanceolata, sensim longe et latiuscule acuminata, superiora adunca, omnia serrulata, cellulis angustis opacis apice prominulis papillam mentientibus ad angulos quadratis parvis areolata. Cetera desunt.

Seychelles : associé à d'autres mousses, G. DE L'ISLE.

Rappelle par le port l'*É. reticulatum* de Java, mais s'en éloigne par les feuilles atténuées en pointe au sommet, et à réseau cellulaire plus serré.

3. *E. regulare* C. Müll., Syn. II, p. 307, sub *Hypno*; *Hypnum cupressiforme*, var. *regulare* Brid. II, p. 609. — Dioicum. Caulis secundarius biuncialis vel longior, eleganter et regulariter pinnatus, ramis remotis albido-viridibus ætate aureis nitidis gracilibus numerosis patentissimis. Folia caulina rameaque conferta lanceolata omnino falcata, apice denticulata, ecostata vel obsolete bicostata, margine erecta; cellulis pallidis angustis ad apices prominentes subpapillosis, ad margines paucis. Perichætialia in caule secundario rarissima, foliis externis minutis squarrosis, superioribus valde longioribus erectis lanceolatis longissime loriformi-subulatis, subula flexuosa denticulata, serratis ecostatis laxius et pellucide areolatis. Capsula in pedicello 30-35 mill. longo rubello lævi inclinata, pro planta minutissima, ovata, late et breviter operculata, basi gibbosula. Peristomii dentes externi cuticula exarata obtecti, apice papillosi, interni carinati granulosi æquilongi, ciliis granulosis nodosis ternis in uno coalitis vel duobus inæqualibus. Calyptra minuta, albida, lævis.

La Réunion : BORY (herb. COSSON) ; sur l'écorce des arbres,

au sommet des montagnes, RICHARD, nos 587, 588 et 686, c. fr. (herb. Mus. Par.); FRAPPIER; plaine des Fougères, avril 1839, LÉPERVANCHE, n° 19 (herb. THURET); Cilaos, VALENTIN; sommet du Brûlé de Saint-Denis, Dlle Berthe LÉPERVANCHE, c. fr.; sommet de la Rivière des Roches et hauteurs de Saint-Paul, Paul LÉPERVANCHE, c. fr.

Maurice: GRATELOUP, 1844 (herb. MONTAGNE); Gros-Bois, BOIVIN, 1847 (herb. Mus. Par.); Mme LECOULTRE (herb. DUBY; sur les bois morts, associé au *Rhacopilum*, ravines de Réunion à Vacoa, septembre 1876, n° 29, et près de Curepipe, n° 21. DARNTY (herb. SCHIMPER).

N. O. de Madagascar: Pervillé, n° 822 (herb. Mus. Par.).

4. *E. Boivini* C. Müll, in litt. — Habitu *E. sphærocarpæ* simile, sed caule magis regulariter pinnato, foliis paullo basi latioribus brevius acutis integerrimis, cellulis superioribus brevibus utriculo primordiali valde repletis, capsulæ peristomio majori.

Comores: Mayotte, BOIVIN.

Diffère en outre de l'*E. glaucissimum* C. Müll, par ses feuilles beaucoup plus arrondies et brièvement acuminées.

5. *E. Ayresii* Sch., in herb. — Monoicum. Cespites intricati pallide virides. Caulis elongatus uncialis vel ultra, repens, ramis patentibus inæqualibus sæpius 5 mill. longis. Folia flaccidissima, dissimilia, illa rotundata, brevissima acuminata, acumine subdentato, e cellulis hexagonis utriculo primordiali persistente repletis basilaribus longioribus laxissime areolata, ista basi angusta, concava, ovato-lanceolata, cuspidata, pellucide et laxius reticulata vel cellulis utriculi primordialis vestigio notatis. Folia perichætialia convoluta superne longe attenuata subdentata. Flos masculus gemmaceus ad femineum situs foliis integerrimis laxe areolatis. Capsula in pedicello 5 mill. longo tenuissimo rubello lævi superne arcuato pendula, tenella, badia; operculo breviter acuminato. Peristo-

mium generis, cilia dentibus breviora, terna in uno coalita. Calyptra minuta, lævis.

Maurice : Sur les rochers de la cascade du Réduit, Darnty, 24 mai 1874, (herb. Schimper).

Très voisin de l'*E. hygrobium*, mais le port en est moins régulier, les feuilles sont plus arrondies, plus courtement acuminées, et les cellules sont obscurcies par les vestiges de l'utricule primordial.

6. *E. hygrobium* Besch. — Caulis prorepens eleganter pinnatus 5 cent. longus, ramulis remotis subæqualibus vix 5 mill. longis patentibus simplicibus sordide viridibus obscuris. Folia ovato-lanceolata basi truncata, asymmetrica concaviuscula, sicca flexuosa subcrispula, acuminata acumine brevi obliquo vel torquato, integerrima, ecostata, cellulis superioribus oblatis mnioideis rhombeis parietibus crassis utriculo primordiali valde repletis, inferioribus laxis elongatis hexagonis pellucidioribus. Folia perichætialia longe ovato-lanceolata concava, longe cuspidata, integerrima. Capsula in pedicello 12-15 mill. longo gracillimo rubello lævi nutans, cum operculo hemisphærico apiculato subglobosa, evacuata minuta oblonga, ore ampliore. Peristomium et calyptra ut in *E. sphærocarpo*.

La Réunion : herb. Montagne, sub *Hypno Montagnei*.

Cette mousse, dont le collecteur est inconnu, paraît se rapporter à l'*Hypnum scaturiginum* Brid.; mais, en l'absence des organes de fructification de ce dernier, il n'est pas possible d'y rattacher notre espèce avec certitude.

7. *E. Lepervanchei* Besch. — Monoicum; cespites deplanati sordide virides ætate fusco-virides. Caulis intricatus ad cortices arcte adhærens longissime repens ramis remotis æquidistantibus 5-10 mill. longis simplicibus raro apice furcatis planiusculis. Folia lateralia laxe imbricata, subdisticha, basi rotundata, ovata, asymmetrica, acuta, integerrima, obsolete bicostata, media anguste lanceolata, cuspidata, ecostata; cellulis laxis hexagonis utriculo primordiali repletis. Folia peri-

chætialia squarrosa longius cuspidata, integra vel vix denticulata, cellulis pellucentibus. Capsulæ pedicellus uncialis, lævis. Calyptra brevis lævisque. Cetera desunt.

La Réunion : Sur les vieux arbres renversés, dans les forêts élevées, Lépervanche, 1839, n° 35 (herb. Thuret).

8. *E. galerulatum* Duby, Choix de mousses, *in* Mém. Acad. Gen. 1877, p. 7, tab. II, fig. 4. (excl. *b* et *e*).—Monoicum. Cespites prostrati intertexti luteo-virides. Caulis in tota longitudine fere fasciculate radicans, elongatus, laxe et irregulariter ramosus, ramis pinnatis subjulaceis 5-7 mill. longis. Folia intricata, concava, erectiuscula vel erecto-patentia, ovato-lanceolata, lateralia flexuosa in uno latere apice reflexiuscula tenuiter denticulata inconspicue costata, cellulis rhombeis laxis utriculo primordiali repletis basilaribus similibus vel ad alares vix ullis quadratis pellucidis; folia intermedia angustiora pellucide areolata integerrima longius cuspidata. Folia perichætialia longe cuspidata apice vix denticulata. Capsula in pedicello circiter 1 cent. longo tenui lævi atro-purpureo pendula, globosa; operculo brevi late conico obtuse acuminato.

Maurice : de Robillard, associé à *Brachythecium atrotheca*, herb. Duby et Geheeb. Les organes *b* et *e*, représentés par M. Duby (*l. c.*), paraissent se rapporter plutôt au *Brachythecium atrotheca*?

9. *E. glaucissimum* C. Müll., Linn., XL, p. 276.

Comores : Anjouan, Hildebrandt.

10. *E. sphærocarpum* C. Müll., Syn., II, p. 238. — Monoicum. Cespites late expansi congesti intricati, luteo vel fusco-virides. Caulis repens irregulariter ramosus, ramis pinnatis vel inæqualibus. Folia patentia nitidula, basi truncata, ovata, apice falcatula, lateralia latiora acuminata, media angustiora lanceolata longe cuspidata, omnia integerrima vel summo subdenticulata, costa unica obsoleta vel nulla; cellulis laxe hexagonis utriculo primordiali persistente repletis. Folia peri-

chætialia longe ovata basi subconvoluta, longius cuspidata, subula integerrima, pellucide areolata. Perigonium globosum minutum prope florem femineum in caule fertili positum. Capsula in pedicello circiter 15 mill. longo lævi superne arcuato incrassato horizontalis vel nutans, oblongo-sphærica, vesiculosa, infra os coarctata; operculo late convexo apiculato tuberculoso. Peristomii brevis dentes interni fusciduli apice inter articulationes hiantes, ciliis 2-3 rugulosis albidis brevioribus. Calyptra minuta lævis.

La Réunion : RICHARD (herb. Mus. Par.).

Maurice : GRATELOUP (herb. MONTAGNE, sub *Hypno Montagnei*).

Galega : Leduc (herb. MONTAGNE).

Nossi-Bé et Nossi-Comba : MARIE, 1879.

Species mihi ignotæ.

11. *E. scaturiginum* Brid., Bryol. II, p. 418, sub *Hypno*; C. Müll., Syn. II, p. 236, sub *Hypno* (*Vesicularia*).

La Réunion : flottant dans la fontaine du ruisseau des Remparts, BORY †.

12. *E. viridulum* Brid; Mant. 179 et Bryol. II, 622 sub *Stereodonte leptorrhyncho*, Var. B.; C. Müll., Syn. II, p. 307.

La Réunion : BORY (ex BRIDEL, *l. c.*) †.

Gen. IX. HYPNUM L.

H. cupressiforme L.

La Réunion : Plaine des Cafres, RICHARD; G. DE L'ISLE; Cilaos, Saint-Leu, VALENTIN; sommet de la rivière des Roches, P. LÉPERVANCHE. Commun, mais stérile.

Cette espèce présente à la Réuniou deux formes particulières : l'une assez semblable à la variété *tectorum* et l'autre à la variété *ericetorum*.

2. *H. aduncoides* C. Müll., Syn. II, p. 295; *Hypnum cupressi-*

forme, var. *aduncoides* Brid., II, p. 612. — Dioicum? Caulis erectus 10–15 cent. longus, eleganter pinnatus, ramis 1 cent. longis decrescentibus patentibus superioribus aduncis fusco-aureo-nitentibus plerumque simplicibus. Folia robusta circinnato-falcata, late ovata, concava, decurrentia, acuminata e basi ad apicem denticulata, ecostata; cellulis in parte decurrenti ovatis oblongis vel quadratis majoribus hyalinis, alaribus rhomboideo-quadratis paucis, ceteris albidis angustissime linearibus. Cetera ignota.

La Réunion : plaine des Chicots, Bory (herb. Cosson).

Se rapproche, par le port, plutôt de l'*Hyp. crista-castrensis* que de l'*H. cupressiforme*. Nous avons reçu de M. le Dr Kiær, sous le nom de *Hypnum Kiæri* C. Müll., Ms., une mousse stérile de Madagascar (Borgen, n° 128) qui offre tous les caractères de l'*Hyp. aduncoïdes*.

Species incertæ sedis.

Hypnum Boryanum Schwgr., I, II, p. 207; Brid., II, p. 393.

La Réunion : Bory †.

Hypnum radiatum Schwgr., I, II, p. 204; *Isothecium radiatum* Brid., II, p. 358.

La Réunion : (*fide* Schwgr. *l. c.*) †.

Hypnum multiflorum Schwgr., I, II, p. 202; *Leskea multiflora* Brid., Bryol. II, p. 291.

La Réunion : ...? †

Hypnum splanchnifolium Brid., Spec. II, p. 161.

La Réunion : du Petit-Thouars †.

Hypnum denticulatum P. Beauv., Prod. p. 81.

La Réunion : du Petit-Thouars †.

Trib. XX. HYPOPTERYGIACEÆ.

Fam. I. RHACOPILEÆ.

Gen. RHACOPILUM P. Beauv.

1. *R. prælongum* Sch., in herb. COSSON. — Caulis repens perlongus, radicans, foliosus, remote ramosus, intricatus, ramis uncialibus erectis pectinatim foliosis, ætate fusco-viridibus. Folia caulina ligulato-ovata acuminata patula vel in latere unico dejecta sicca corrugata basi angustiora plus minus symmetrica, marginibus siccitate involutis humore planis, runcinato-serratis, costa flavida in aristam longam lævm obliquam producta, cellulis basilaribus quadratis vel rhombeis, mediis plus minus distincte hexagonis utriculo primordiali impletis; folia ramea longius acuminata, costa longiore; folia stipularia minuta basi lata breviter cordata, costa erecta longissime excedente subdenticulata vel serrulata. Perichætia magna, crassa, tomentosa, foliis plicatis ovatis longissime costatis, marginibus sinuosis subintegris, cellulis laxis elongatis. Capsula in pedicello pluries torto 3-6 cent. longo horizontalis, elongata, obconica, arcuatula costata, collo strumoso; operculo rostrato curvato brevi; annulo lato composito.

La Réunion : RICHARD, nos 175 et 584 (in herb. COSSON), c. fr,; plaine des Palmistes, G. DE L'ISLE, n° 304; Cilaos, Saint-Paul (stérile), LÉPERVANCHE.

Var. *subintegrum*, foliis caulinis fere integris latioribus, rameis acutioribus serratis, stipulariis hastatis minoribus subintegris vel parum denticulatis, cellulis rectangularibus laxioribus.

La Réunion : G. DE L'ISLE, n° 394 (stérile), source de la rivière des Roches, P. LÉPERVANCHE.

Var. *Nossi-Beanum*, habitu *R. Schmidii*, sed foliis stipulariis minoribus subdenticulatis differt.

Nossi-Bé, PERVILLÉ.

2 *R. Mauritianum* C. Müll., in herb. Angstr. — Habitu *R. speluncæ* C. M. simile; dioicum, latissime cespitosum, viride. Caulis repens, ramis pinnatis brevibus, ramulis erectis patulis vel reflexis plumosis. Folia caulina obtusiuscula serrata costa lævi longe exserta, folia ramea planiuscula subcontracta oblonga vix asymmetrica e medio serrata, folia stipularia basi brevissime cordata longissime costata integerrima. Cetera ut in *R. prælongo*, pedicello tamen breviori et capsula graciliore.

Maurice : montagne de la Rivière noire, BOIVIN 1847 (in herb. Mus. Par.); GRATELOUP (in herb. MONTAGNE); ANDERSSON; sur les bois morts, près de Curepipe et de Vacoa, nos 23 et 29, *e. p.*, DARNTY ; ROBILLARD (herb. GEHEEB.).

Diffère du *R. angustifolium*, des îles Comores, notamment par ses feuilles à nervure lisse et par ses stipules cordiformes. Les échantillons provenant des collections de Boivin, Angström et Robillard, tous stériles, ont des rameaux grêles et des feuilles un peu moins obtuses; les échantillons fructifiés, envoyés par M. Darnty, ont un port plus robuste.

3. *R. angustistipulaceum* C. Müll., Linn. XL, p. 255.

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT.

Fam. II. HYPOPTERYGIEÆ.

Gen. HYPOPTERYGIUM Brid.

Sect. *Lopidium*.

1. *H. struthiopteris* Brid., Bryol. univ. II, p. 716; C. Müll., Syn. II, p. 4; Brid., Mant. 251, sub *Pterigophyllo* et Species, II, p. 87, sub *Hypno*; Schwgr., I, P. II, p. 182 sub *Hypno*.

La Réunion : COMMERSON (herb. Mus. Par.); Salazie, sur les troncs humides, 1839, LÉPERVANCHE, n° 14 (herb. THURET).

2. *H. hemiloma* C. Müll., Linn., XL, p. 256.

Comores : Anjouan, HILDEBRANT, 1875.

Sect. *Euhypopterygium.*

3. *H. torulosum* Sch., in Musc. Boryanis ; *H. tamariscinum* Brid. (*ex parte*) — Monoicum! repens radiculosum intricatum, stipitibus dendroideis erectis inferne tomentosis 3-5 cent. longis, interdum squamis obtectis, ramis in frondem pallide viridem triangulari-flabellatam simplicem plerumque compositam pinnatim dispositis, simplicibus vel ramulosis erecto-patentibus. Folia caulina oblique inserta disticha late ovata asymmetrica, marginibus e medio ad apicem acute serratis e duabus seriebus cellularum elongatarum hyalinarum compositis, costa ultra medium evanida, cellulis laxis rhombeis utriculo primordiali persistente repletis; folia ramea similia, sed breviora basi minus lata; folia stipulæformia orbicularia apice serrata subito angustata longe acuminata, costa crassa in apiculum longum obliquum excedente. Folia perichætialia elongate triangularia basi lata, integra, ecostata. Perigonia crassula gemmacea, in ramo principali obsita, foliis ovatis acuminatis margine involutis ecostatis subintegris, cellulis elongatioribus. Capsula in pedicello 10-25 mill. longo horizontalis vel nutans, obovata; annulo lato; operculo curvato longe rostrato capsulam æquante. Peristomii dentes externi generis, interni in membrana alta breviores papillosi; ciliis binis brevioribus punctulato-papillosis. Sporæ minutæ.

La Réunion : Lieux et rochers humides, sur les vieux troncs d'arbres, dans les bois et les ravines obscures et ombragées, Bory (in herb. Cosson); Richard n° 303 et n° 574 (in herb. Mus. Par.) ; sur les arbres, petit bras de Caverne et plaine des Palmistes, n° 202, G. de l'Isle ; sommet du Brûlé de Saint-Denis, D^lle^ Berthe Lépervanche.

Ile Maurice : associé à *H. struthiopteris*, Commerson (herb. Mus. Par.).

N. O. de Madagascar : Pervillé, 1841, n° 834 (herb. Mus. Par.).

Var. *Nossi-Beanum*, stipitibus gracilioribus minus ramosis,

foliis magis serratis, foliis stipulariis late ovatis, costa sæpe medio obsoleta apice in apiculum plus minus elongatum producta. *H. Nossi-Beanum* C. Müll., in litt.

Nossi-Bé : PERVILLÉ (herb. Mus. Par.).

4. *H. viridissimum* C. Müll., Linn., XL, p. 255.

Comores : Anjouan, HILDEBRANDT, 1875.

5. *H. Mauritianum* Hpe, in herb.; *H. laricinum* Brid., (*ex parte*) ; C. Müll., in Syn. (*e. p.*). — Dioicum. Caulis repens stipitibus brevissimis inferne tomentosis in frondem ovato-orbicularem glauco-virentem ramosis, ramis plerumque simplicibus. Folia sicca ad unum latus dejecta, asymmetrica, late ovata, acuminata, parce vel obsolete denticulata, marginibus vix limbatis ex unica serie cellularum hyalinarum compositis, costa ultra medium evanida; folia ramea breviora denticulato-serrata; folia stipularia orbicularia concava acuminata, acumine plano, subintegra, costa obsoleta vel vix producta, omnia cellulis rhombeis utriculo primordiali persistente repletis. Cetera?

Maurice : montagne de la Rivière Noire, BOIVIN, 1847 (in herb. Mus. Par.) ; ANDERSSON ; mont Bambou, DARNTY (SCHIMPER, comm.).

Diffère, au premier abord, de l'*H. torulosum* de la Réunion par son port, par ses feuilles à peine denticulées et par ses feuilles stipuliformes arrondies, garnies d'une nervure courte, souvent peu apparente.

Var. *nanum*, minus, brevius stipitatum foliis minoribus.

Maurice, de ROBILLARD (herb. GEHEEB, sub. *H. nano* C. Müll.)

MUSCI SPURII.

Ordo I. *Schizocarpæ.* — Trib. ANDREÄACEÆ.

Fam. ANDREÄÆ.

Gen. ANDREÄA Ehrh.

A. Borbonica Besch. — Dioica? Habitu *A. alpestri* simili. Cespites pulvinati, nigrescentes superne atro-rufescentes. Folia caulina arcte imbricata erecta, madore erecto-patentia, anguste ovato-lanceolata, concava, sensim acuminata, dorso papillosa, ecostata, cellulis subquadratis basin versus angustioribus; folia ramea minora acuta valde papillosa. Folia perichætialia basi convoluta, concava, longiora, pseudopodium in longitudine æquantia, longius cuspidata, fere subulata, apice decolorata et erosa. Capsula in pseudopodio crasso erecto ovata, minuta in 4 valvulis apice cohærentibus dehiscens.

La Réunion : P. Lépervanche, 1877.

Ordo II. *Stegocarpæ.* — Trib. SPHAGNACEÆ.

Gen. SPHAGNUM Dill.

1. *Sp. ericetorum* Brid., Bryol. I, p. 17; C. Müll., Syn. I, p. 103. — Caulis elongatus gracilis fuscescens vel ochraceus nitidus, integumento corticali bi-stratoso fibris et poris destituto, ramulis patentibus duobus brevibus, pendulo singulo attenuato, superioribus in capitulo congestis. Folia caulina patentia, anguste oblonga, obtuse acuminata, apice 3-4 dentata, incurva, cellulis marginalibus angustis elongatis basi numerosis, e medio ad apicem 5-6, ceteris dimorphis hyalinis latioribus, superioribus brevioribus parce fibrosis raro porosis, inferioribus elongatis hexagono-vermiculariformibus vix fibrosis; cellulis parenchymatosis latiusculis echlorophyllosis. Folia ramulorum patulorum erecto-patentia, imbricata, ovato-elliptica, margine e cellulis duabus angustissimis formata, superne denticulata, cellulis hyalinis porosis et fibrosis. Cetera desunt.

La Réunion : Plaine des Chicots, BORY (*ex* BRIDEL) ; dans les lieux élevés, RICHARD, 1837, n° 683 (herb. Mus. Par.).

Voisin, par le port, de certaines formes du *Sph. fimbriatum* d'Europe; mais en diffère par les feuilles caulinaires cunéiformes non fimbriées, à cellules larges, fibreuses et non poreuses.

2. *Sp. tumidulum* Besch.—Habitu *S. molluscoidi* simile, sed majus et crassius. Caulis 1-2 uncialis simplex vel furcatus, albide ochraceus ramis densis patentibus vel decumbentibus haud pendulis interdum attenuatis, cellulis corticalibus breviter rectangularibus efibrosis haud lageniformibus. Folia caulina ovato-oblonga, longa, patentia, latissime acuminata, sæpe marginibus incurvis apice cucullata, integerrima, anguste limbata, cellulis superioribus fibrosis parce porosis, basin infimam versus subfibrosis minute porosis. Folia ramea erecta, imbricata, concava, ovata, anguste acuminata, apice subdentata, cellulis vermicularibus valde fibrosis et parce porosis.

La Réunion : RICHARD; P. LÉPERVANCHE, 1877; POTIER (herb. de l'Exp. perm. des Colonies).

3. *Sp. patens* Brid., Spec. I, p. 13-14; *Sph. cymbifolium*, var. *Bourbonense*. P. Beauv., Prodr., p. 88; *Sp. cymbifolium*, var. *patens*, Brid., Bryol, I, p. 4; *Sph. cymbifolium* C. Müll., Syn. (*ex parte*). — Planta procera, robusta, pallide fusca. Caulis validus lignosus, integumento corticali cellulis rectangularibus haud fibrosis composito, dense ramulosis, ramulis patulis singulis vel duobus patentibus turgescentibus flagelliformibus, ramulis pendulis tribus fusiformibus 25 mill. longis. Folia caulina minuta, patentia, subspathulata, obtusa, lacerata, cellulis marginalibus pluribus inanibus angustis, ceteris e basi infima ad summum hexagono-vermicularibus latis fibrosis et porosis; folia ramulina inferiora patentia subsquarrosa magna late ovata profunde concava, margine sinuosa, superiora longissime elliptica, obtusa vix dentata, cucullata, cellulis hyalinis porosis et spiraliter fibrosis, marginalibus inanibus tribus elongatis basi vesiculosis porosis. Fructus la-

terales in perichætio dissoluto membranaceo solido, foliis superioribus late oblongis apice contractis concavissimis, cellulis inferioribus magnis elongate hexagonis porosis efibrosis, cellulis chlorophyllosis angustis flavo-viridibus, mediis et superioribus parce porosis spiraliter fibrosis, marginalibus pluribus angustissimis inanibus.

La Réunion : BORY (*fide* P. BEAUV. et BRIDEL, *l. c.*); habite toutes les plaines élevées, où il forme des tapis de couleurs variées, LÉPERVANCHE, 1839, n° 17 (herb. THURET) ; sommet de la Rivière des Roches et du Brûlé de Saint-Denis, Mlle BERTHE LÉPERVANCHE, 1876.

4. *Sp. Bordasii* Besch. — Robustun sed laxe ramosum, inter *S. cymbifolium* et *S. Gedeanum* ludens, albo-viride, ramis duobus dependentibus semiuncialibus laxifoliis, cortice ex una serie cellularum minutarum hyalinarum composito. Folia caulina oblongo-ovata, erecto-patentia, apice obtusa erosa haud fimbriata anguste limbata, cellulis omnino fibrosis eporosis; folia ramea late ovata, concava, erecta vel erecto-patentia, apice 5 dentata, cellulis hyalinis fibrosis poris minutis paucis vix pertusis, cellulis chlorophyllosis augustis inanibus. Cetera desunt.

Maurice : BORDAS, 1879.

ADDENDA

Anœctangium impressum Hpe, Linn. XXXVIII, p. 208.

Madagascar : BORGEN (KIÆR comm.)

Très voisin de l'*A. Borbonense* Nob.; en diffère par ses feuilles entières à papilles marginales à peine distinctes, et par sa capsule plus courte.

Gen. RUTENBERGIA Geh. et Hpe, Mss.

Habitus cyrtopodioideus. Peristomium duplex : externum e dentibus 16 lanceolato-subulatis remote distantibus convergentibus pallide flavescentibus dense trabeculatis, linea longitudinaliter notatis intus armatis compositum; internum : mem-

brana brevissima fragilis vix sulcata valde hyalina, in dentes breves articulatos simplices fragilissimos producta. Calyptra mitriformis, pilis corneis viridibus basi crispulis apice elongatis comosis vestita Sporæ magnæ virides flaccidæ tetragonæ. — Genus optimum, foliis limbatis ad *Spiridentes* spectans.

1. R. *Madagassa* Geheeb et Hpe. Dioica. Caulis primarius prorepens rufo-tomentosus, secundarius ramis simplicibus vel dichotomis subteretibus crassis 1-3 uncialibus cylindraceis obtusis, vel plus minusve filiformi-attenuatis flexuosis. Folia sicca accumbentia, humida erecto-patula margine flavo ut limbata, e basi late excavata latere rotundato-auriculata late ovata acuminata acumine convoluto longe aristata, basi jam denticulata, nervo rufescenti in aristam evanido, cellulis alaribus breviter bacillaribus vel vermicularibus transverse isolatis subdiaphanis lævibus, intermediis basilaribus erectis bacillaribus diaphanis, versus latera densissime aggregatis minoribus ellipticis parce incrassatis. Perichætia lateralia 3-4 approximata. Folia perichætialia convoluta oblongo-lanceolata loriforme acuminata vel subulata, vel e basi fere irregulariter spiculoso-dentata, apice plus minusve serrato-dentata intense crocea, nervo angusto apice evanescente, cellulis basilaribus linearibus, versus apicem folii sensim brevioribus, summis ellipticis vel vermicularibus vel inconspicuis. Capsula breviseta immersa recta oblonga, cylindracea leptoderma, ore ruberrimo, vaginula pilis contortis obtecta, operculo tenui subulato recto. Annulus nullus.

Madagascar : *Ambaranavaranututa*, sur les arbres, D[r] Chr. RUTENBERG, 6 décembre 1877.

2. *R. limbata* Hpe, Linn. XXXVIII, p. 220, sub *Pilotricho*. Madagascar : Forêt d'Alamazautra, BORCHGREWINK, n° 14.

3. *R. borbonica* Besch. — Dioica. Caulis primarius repens ramos fasciculatos inæquales crassissimos obtusos simplices vel longissime loriformi-attenuatos sæpius ramulosos emittens

Folia sicca dense conferta, erecto-patentia, rufescentia, obscura, dorso undulato-corrugata, basi late auriculata ovato-lanceolata sensim in cuspidem latiusculam loriformem longissimam divaricatam subdenticulatam attenuata, marginibus e medio vix denticulatis ob cellulas flavidas longiores sublimbatis, costa tenui continua; cellulis opacis rectangularibus, parietibus interruptis sæpe inconspicuis. Çetera ignota.

La Réunion : G. DE L'ISLE. R. R.

Diffère du *R. Madagassa* par ses feuilles fortement ondulées, denticulées seulement depuis le milieu, et se prolongeant en une pointe aplatie non subulée.

Porotrichum Madagassum KIÆR. Habitu *P. Robillardi* simile, sed majus, lutescens, nitidum, ramis pinnatis vel bipinnatis in flagellas filiformes attenuatis. Folia caulina plana patentia, ramea disticha basi concaviuscula remote et grosse serrata.

Madagascar : BORGEN, 1875, KIÆR, comm.

RECHERCHES

SUR

LA DIFFUSION, L'ABSORPTION ET L'ÉMISSION DE LA CHALEUR

PAR LES FEUILLES

Par M. MAQUENNE.
Docteur ès sciences, Préparateur du cours de physiologie végétale au Muséum d'histoire naturelle.

La lumière du soleil est toujours accompagnée d'une proportion notable de chaleur, qui varie d'un instant à l'autre avec l'état hygrométrique ou la transparence de l'air, et qui, évidemment, est absorbée en même temps qu'elle par les organes végétaux.

Depuis les recherches de M. Kraus, qui a définitivement arrêté le spectre de la chlorophylle, et celles de MM. Timiriazeff et Wiesner, on sait très bien que les fonctions essentielles de la vie végétale sont liées à l'absorption de certaines parties du spectre, caractérisées par leur longueur d'onde et sensiblement identiques pour toutes les plantes phanérogames.

Rien de semblable n'est connu relativement aux chaleurs obscures, et, dans ce travail, nous avons cherché à résoudre la question au point de vue physique, en déterminant les proportions de chaleur qu'une feuille absorbe, diffuse et transmet.

Nous avons employé dans ces recherches les méthodes ordinaires de la chaleur rayonnante; nous ne ferons ici que rapporter les résultats que nous avons obtenus; on trouvera le détail des expériences et la marche des calculs dans le mémoire inséré aux *Annales agronomiques* (octobre 1880).

§ 1. — Diffusion de la chaleur sur les feuilles.

Les feuilles diffusent une partie de la lumière qu'elles reçoivent : la preuve, c'est qu'elles sont visibles lorsqu'elles sont éclairées, et cette diffusion ne porte pas également sur tous les rayons du spectre, puisqu'elles apparaissent colorées. Les

mêmes faits s'observent vis-à-vis de la chaleur : toutes les feuilles possèdent un pouvoir diffusif particulier, variable avec la nature de la source calorifique, et, par conséquent, avec l'indice de la chaleur incidente.

Si la source est à haute température, comme la lampe de M. Bourbouze, la diffusion est ordinairement de un tiers à un quart; si, au contraire, son excès de température est faible, la diffusion est presque nulle.

Ce premier résultat nous montre que les feuilles agissent sur la chaleur rayonnante à la façon des poudres minérales ou des surfaces dépolies non métalliques qui ont été étudiées par MM. Masson et Courtépée; si la feuille est lisse, comme celles d'un laurier, d'un fusain ou du lierre, on observe, en outre, un commencement de réflexion régulière, assez intense pour que la lumière incidente soit complètement polarisée sous l'angle de 55 degrés. Cet angle paraît constant pour toutes les feuilles à surface luisante; par conséquent la cuticule se présente toujours avec le même indice de réfraction, très voisin de celui du verre ordinaire.

Nous avons complété ces recherches en comparant les pouvoirs diffusifs ou réflecteurs d'une même feuille prise sur l'une ou l'autre de ses faces; toujours nous avons trouvé une différence sensible; on en jugera par le tableau suivant :

	Pouvoir diffusif	
	de l'endroit.	de l'envers.
Laurier Tin	0,27	0,28
Laurocerasus	0,31	0,32
Lierre	0,29	0,30
Houx	0,20	0,25
Rhododendron	0,21	0,30
Evonymus japonica	0,25	0,32
Populus alba	0,21	0,32
Marronnier	0,29	0,24
Blé	0,24	0,18
Tilleul argenté	0,23	0,31
Merisier	0,25	0,23
Chèvrefeuille	0,25	0,18

En général on peut dire que l'envers d'une feuille diffuse

plus que l'endroit; les différences deviennent considérables lorsque les deux faces présentent des teintes bien tranchées; c'est le cas du peuplier blanc, du tilleul argenté; mais quelquefois, comme pour le marronnier, le merisier ou le chèvrefeuille, c'est l'inverse qui a lieu : l'endroit diffuse plus que l'envers; il y a donc là une propriété caractéristique de l'espèce, que l'expérience seule peut apprendre à connaître. Nous ferons remarquer que ces différences sont tout à fait en dehors des erreurs d'observation possibles, et que nous nous sommes à plusieurs reprises assuré de leur sens par des expériences de vérification comparatives qui ne peuvent laisser aucun doute sur ce point.

Les nombres qui précèdent sont relatifs au rayonnement total de la lampe Bourbouze, transmis par une lentille de crown; on sait qu'il s'y trouve environ un dixième de chaleur lumineuse, aisément absorbable par l'iode; dans une seconde série d'expériences, nous avons comparé la diffusion du faisceau total à celle du faisceau transmis à travers une auge de sulfure de carbone iodé; en voici les principaux résultats pour l'endroit des feuilles seulement :

	Pouvoirs diffusifs :	
	Rayonnement total.	Chaleur obscure.
Evonymus japonica	0,25	0,25
Lierre	0,22	0,23
Laurocerasus	0,22	0,22
Laurier Tin	0,23	0,23
Rhododendron	0,22	0,21
Houx	0,26	0,27

On voit que les nombres trouvés sont les mêmes dans les deux cas; donc la petite quantité de chaleur lumineuse que renferme le rayonnement de la lampe Bourbouze est sans influence sur le résultat final, et on peut dire que tous les chiffres donnés précédemment expriment la valeur du pouvoir diffusif pour la chaleur obscure de composition complexe qu'émet un corps porté à l'incandescence.

On remarque, en outre, que les nombres trouvés dans les deux séries d'expériences ne sont pas identiques; il en résulte

que la valeur du pouvoir diffusif ne doit pas être considérée comme une constante caractéristique de l'espèce; nous avons en effet observé très souvent entre deux feuilles prises sur le même sujet des différences plus grandes qu'entre des feuilles appartenant à d'autres espèces. C'est un fait du même ordre que les différences de coloration qu'on observe sur les différents organes d'une même plante.

Si on diminue l'étendue du spectre calorifique en abaissant la température de la source, on voit, comme nous l'avons déjà dit plus haut, la diffusion s'atténuer; dans le cas de la chaleur émise par le cube de Leslie, rempli d'eau bouillante, nous sommes arrivé aux résultats suivants :

	Pouvoir diffusif.
Lilas	0,02
Lauro cerasus	0,05
Laurier Tin	0,03
Populus alba	0,04
Houx	0,02
Rhododendron	0,03
Blé	0,01
Lierre	0,05
Iris	0,06
Marronnier	0,03
Campanula rapunculus	0,05

La feuille n'est plus capable de réfléchir cette variété de chaleur; nous verrons plus loin qu'elle l'absorbe presque en totalité. En outre, si on essaie successivement les deux côtés de la feuille, on ne trouve aucune différence appréciable; par conséquent l'intensité de la diffusion varie avec l'indice de chaque rayon calorifique étudié.

§ 2. — Absorption de la chaleur par les feuilles.

La fraction de chaleur qui n'est pas réfléchie à l'incidence est, en partie absorbée, en partie transmise. En évaluant d'une façon indirecte cette dernière quantité, nous avons pu déterminer approximativement la valeur de la seconde.

Voici, pour un certain nombre d'espèces différentes, les ré-

sultats que nous avons obtenus avec le rayonnement total de la lampe de M. Bourbouze :

	Pouvoir absorbant.	
	Endroit.	Envers.
Cerasus lauro cerasus	0,58	0.54
Laurier Tin	0.60	0,58
Laurier Tin	0,63	0,61
Lierre	0,70	0,68
Lierre	0,69	0,67
Chèvrefeuille (très jeune)	0,39	0,43
Rhododendron	0,72	0,65
Rhododendron	0,72	0,65
Houx	0.65	0,62
Houx	0,62	0,59
Lilas (jeune feuille)	0,41	0,41
Blé	0,48	0,50
Chèvrefeuille (feuille adulte)	0,53	0,55
Lilas (feuille adulte)	0,51	0,51
Marronnier (jeune feuille)	0,25	0,27
Peuplier blanc	0,62	0,53
Lilas	0,48	0,48
Chèvrefeuille	0,53	0,55
Noyer (très jeune feuille)	0,23	0,23
Noyer (feuille adulte)	0,41	0,40
Iris	0,70	»
Marronnier (feuille adulte)	0,25	0,27

On voit que, contrairement à ce que nous venons de montrer par rapport à la diffusion, le pouvoir absorbant des feuilles est essentiellement variable : égal à 0,25 pour le marronnier, il atteint 0,70 et 0,72 pour le lierre, l'iris et le rhododendron ; en outre, on le voit changer de valeur avec l'âge de la feuille : il monte de 0,41 à 0,51 pour le lilas, de 0,39 à 0,53 pour le chèvrefeuille, de 0,23 à 0,41 dans le cas du noyer.

Ces variations s'expliquent tout naturellement par les différences d'épaisseur ou de coloration que manifestent les feuilles : ce sont toujours les espèces à parenchyme mince qui absorbent le moins, et l'accroissement du pouvoir absorbant coïncide avec l'augmentation d'épaisseur qui s'effectue dans la période de croissance de l'organe. Le fait en lui-même est donc uniquement d'ordre physique.

Si on compare maintenant les pouvoirs absorbants des deux

faces d'une même feuille, on trouve encore des différences, légères, il est vrai, mais caractéristiques et sans doute, comme nous aurons occasion de le dire tout à l'heure, extrêmement importantes.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler que, dans le tableau qui précède, les nombres qui expriment le pouvoir absorbant de l'endroit sont les seuls qui aient été déterminés directement par l'expérience; les autres sont le résultat du calcul, et nous renvoyons pour la marche suivie au mémoire déjà cité.

On voit que toutes les feuilles qui diffusent davantage par leur face inférieure absorbent mieux par l'endroit; c'est le cas le plus général; quand, au contraire, c'est l'endroit qui diffuse le plus, l'envers absorbe mieux que la face supérieure.

La différence des deux pouvoirs absorbants peut devenir très grande si les pouvoirs diffusifs sont eux-mêmes très différents : ainsi le Populus alba absorbe 0,62 par l'endroit, et 0,53 seulement par l'envers de sa feuille.

D'autre part on voit cette même différence s'accroître avec la valeur absolue du pouvoir absorbant : dans le *Cerasus lauro cerasus* et l'*Œsculus hippocastanum*, par exemple, les pouvoirs diffusifs des deux faces diffèrent de la même quantité 0,05; pour le premier il en résulte une différence de 0,04 entre les deux pouvoirs absorbants, tandis que, pour le second, elle n'est que de 0,02 seulement.

On voit donc que les deux côtés d'une feuille présentent des propriétés physiques distinctes, et variables avec l'espèce que l'on considère.

Cette déduction n'est exacte qu'autant que la chaleur conserve la même composition spectrale; nous allons voir les différences s'évanouir si nous employons une source calorifique de plus basse température.

Dans une seconde série d'expériences, nous avons fait usage du cube de Leslie, maintenu à 100° par de l'eau en ébullition. Alors le pouvoir absorbant augmente de valeur et se rapproche singulièrement, s'il n'arrive à l'égaler, de celui du noir mat.

Voici quelques résultats relatifs à cette sorte de chaleur :

Lilas	0,98
Cerasus lauro cerasus	0,95
Laurier Tin	0,97
Peuplier blanc	0,96
Houx	0,98
Rhododendron	0.97
Blé	0,99
Lierre (endroit)	0,95
Lierre (envers)	0,95
Campanula rapunculus	0,95
Iris	0,94
Marronnier	0,97

Quelques-uns de ces nombres ont été trouvés expérimentalement, d'autres ont été déduits par le calcul de résultats antérieurement obtenus; toujours on a trouvé entre eux l'accord le plus complet : l'absorption est complémentaire de la diffusion, et comme celle-ci est alors très faible, le pouvoir absorbant s'élève.

En outre, l'influence de l'épaisseur, de l'âge et de l'espèce, semble avoir complètement disparu : le marronnier absorbe autant que le lilas, les lauriers ou le rhododendron. Plus de différence entre les deux faces de la feuille, l'envers absorbe autant que l'endroit dans toutes les espèces que nous avons étudiées.

Ce résultat présente, à notre avis, un intérêt tout spécial en nous permettant de signaler un nouveau rapprochement entre les propriétés de la matière vivante et celles de la matière minérale.

Melloni, le premier, a fait voir que la quantité de chaleur absorbée par une lame à surface mate est d'autant plus considérable que la température de la source est plus basse; l'exemple le plus remarquable est la céruse, qui absorbe seulement les 0,19 de la chaleur solaire, tandis qu'elle peut très bien remplacer le noir vis-à-vis de la chaleur émise par le cube de Leslie. Les feuilles, que leur structure anatomique nous permet de considérer aussi comme des substances à surface

mate, n'échappent pas à cette loi générale : comme la céruse, ou ses analogues, elles absorbent d'autant plus de chaleur que celle-ci est moins réfrangible.

§ 3. — Transmission de la chaleur par les feuilles.

Nous venons de montrer que la transmission est nulle dans le cas du cube de Leslie ; il n'en est plus de même pour la chaleur de la lampe : la somme du pouvoir réflecteur et du pouvoir absorbant n'est pas égale à 1, et le complément représente le coefficient de transmission.

Le calcul conduit aux résultats qui suivent :

	Coefficient de transmission.	
	Endroit.	Envers.
Cerasus lauro cerasus	0,17	0,16
Laurier Tin	0,15	0,15
Laurier Tin	0,12	0,12
Lierre	0,05	0,05
Lierre	0,05	0,05
Chèvrefeuille très jeune	0,35	0,39
Rhododendron	0,06	0,05
Rhododendron	0,06	0,05
Houx	0,12	0,11
Houx	0,15	0,14
Lilas (jeune feuille)	0,37	0,37
Blé	0,28	0,29
Chèvrefeuille adulte	0,26	0,27
Lilas	0,26	0,26
Marronnier (jeune feuille)	0,46	0,49
Peuplier blanc	0,17	0,15
Lilas (feuille adulte)	0,26	0,26
Chèvrefeuille adulte	0,25	0,26
Noyer (feuille très jeune)	0,48	0,47
Iris	0,11	»
Marronnier (feuille adulte)	0,42	0,46

Ces nombres sont évidemment les moins rigoureux de tous ceux que nous ayons déterminés puisque toutes les erreurs commises dans l'appréciation des autres se trouvent reportées sur ceux-ci ; nous pensons néanmoins qu'ils expriment à peu près la grandeur du phénomène qui nous occupe avec une approximation suffisante pour être comparatifs.

Ces restrictions faites, on voit que le pouvoir de transmission varie en sens inverse du pouvoir absorbant : ce sont les feuilles épaisses ou âgées qui transmettent le moins, les feuilles minces ou jeunes qui transmettent davantage : encore une propriété qui rappelle le passage de la chaleur à travers une lame absorbante d'épaisseur variable.

§ 4. — Émission de la chaleur par les feuilles.

Il suffit d'observer l'abondance avec laquelle se dépose la rosée sur les plantes pour être convaincu que les feuilles possèdent un pouvoir émissif considérable ; Melloni avait soupçonné ce fait et même effectué quelques expériences qu'il rapporte dans son mémoire sur la formation de la rosée, mais il ne donne aucun résultat définitif et nous avons repris la question en employant les méthodes connues de la chaleur rayonnante.

Les nombres que nous avons obtenus sont tout à fait d'accord avec les pouvoirs absorbants relatifs aux basses températures. Voici nos principaux résultats dans le cas de l'émission normale :

	Pouvoir émissif.
Lierre (moyenne pour l'endroit)	0,94
Lierre (moyenne pour l'envers)	0,94
Campanula rapunculus (endroit)	0,94
Campanula rapunculus (envers)	0,96
Iris	0,93
Marronnier (endroit)	0,96
Lilas (endroit)	0,97

Il est possible, par suite d'une cause d'erreur inhérente à la méthode employée, que ces valeurs soient trop faibles de un ou deux centièmes; on peut dire alors que les feuilles émettent, perpendiculairement à leur surface, presque autant de chaleur que le noir de fumée; par conséquent elles doivent notablement abaisser leur température sous l'influence du rayonnement nocturne; comme, d'autre part, leur faible masse les fait se refroidir rapidement, le phénomène de la rosée s'explique de lui-même.

L'émission oblique est moins intense que l'émission normale,

mais, pour trouver des différences sensibles, il faut opérer sous des inclinaisons considérables, et, dans la pratique, on peut très bien admettre qu'un sol en culture émet autant qu'une surface égale de feuilles, disposées horizontalement sur sa projection.

§ 5. — **Absorption de la chaleur par la chlorophylle.**

A quoi faut-il attribuer l'absorption de la chaleur obscure par les feuilles vivantes? est-elle due, comme pour la lumière, à la présence de la chlorophylle, ou simplement aux fluides aqueux qui gorgent le parenchyme? nous avons essayé de résoudre cette question en étudiant le passage de la chaleur étalée par le prisme à travers une dissolution de chlorophylle dans le chloroforme.

Deux expériences différentes nous ont conduit à des résultats analogues : l'absorption, considérable aux deux extrémités du spectre calorifique, atteint un minimum vers son milieu, c'est-à-dire au point où l'intensité devient maximum; pas trace de bandes, au moins dans les conditions où nous sommes placé.

Dans la première expérience la chlorophylle, supposée isolée de son dissolvant, occupait une épaisseur de $0^{mm},15$ et absorbait 0,11; dans la seconde, l'épaisseur était de $1^{mm},19$ et l'absorption 0,48; ces nombres sont extrêmement voisins de ceux qu'on eût trouvés pour l'eau; par conséquent on peut dire que, dans le cas de la lampe, la chlorophylle absorbe comme l'eau.

CONCLUSIONS.

Toutes les recherches que nous venons d'exposer sont purement physiques, et, jusqu'ici, nous n'en avons déduit aucune application directe à la physiologie végétale. Il est cependant certain que la chaleur proprement dite n'est pas sans influence sur les phénomènes de la végétation, et il est évident que cette influence est étroitement liée à l'absorption calorifique. Quel est donc le rôle de cette chaleur obscure et quelles sont ses

relations avec la vie de la plante? c'est ce que nous allons essayer de discuter maintenant.

Remarquons d'abord que les végétaux, en absorbant les radiations du soleil, utilisent la force vive qu'ils y rencontrent de deux manières différentes : en élevant la température propre de leurs tissus et en produisant du travail, travail physique dans l'évaporation de l'eau, travail chimique dans l'élaboration des principes immédiats : toujours cette somme est égale à la chaleur absorbée, mais les termes de l'égalité changent de valeur avec la région du spectre où la plante se trouve.

Les données numériques nous manquent pour les radiations lumineuses; c'est un travail que nous nous proposons d'entreprendre bientôt; mais nous les possédons en partie pour les radiations obscures : nous savons que les feuilles les absorbent, et d'autant mieux qu'elles sont moins réfractées par le prisme; à quoi les emploient-elles? la réponse est facile pour les chaleurs extrêmes de plus grande longueur d'onde : le pouvoir absorbant, mesuré par l'excès de température que prend la feuille sous l'influence de ces radiations, coïncide avec le pouvoir émissif, donc toute la chaleur incidente est devenue statique, et aucun travail interne n'a été directement produit par sa transformation.

Avançons maintenant dans la partie obscure du spectre en nous rapprochant du rouge : le pouvoir absorbant diminue et la transmission devient sensible (nous n'avons pas pris de source intermédiaire entre le cube de Leslie et la lampe, mais la continuité du phénomène ne saurait être mise en doute); nous avons dû alors changer de méthode expérimentale et le même raisonnement ne suffit plus pour arriver à une solution, mais nous pouvons peut-être nous laisser guider par les faits connus relativement à l'action de la lumière. Tous les physiologistes sont aujourd'hui d'accord pour reconnaître que la chlorophylle est l'agent qui transforme la vibration lumineuse en travail, et ils s'appuient pour énoncer ce fait sur l'absorption propre qu'elle possède et sur son extrême altérabilité. Étendons ce principe aux vibrations obscures : nous avons fait

voir que la chlorophylle seule absorbe à peine autant que l'eau le rayonnement complexe de la lampe Bourbouze, et que son pouvoir absorbant est précisément le plus faible au point où la chaleur atteint son maximum d'intensité : si on ajoute à cette première considération que, dans une feuille, le poids de la chlorophylle est à celui de l'eau comme 1 est à 90 environ, le rôle de cette matière se restreint singulièrement, et on voit que, pour la totalité des chaleurs obscures, une feuille se comporte à très peu près comme une lame d'eau trouble.

Est-ce à dire que la chaleur obscure n'a pas d'utilité dans la végétation? Sans doute que non, car, si elle n'exerce pas d'influence immédiate sur les phénomènes physiologiques étudiés jusqu'ici, elle peut avoir, par l'échauffement qu'elle communique aux tissus, une action réflexe des plus importantes. En premier lieu elle doit favoriser la transpiration comme l'a fait voir M. Wiesner; d'autre part elle active la respiration proprement dite, d'après les recherches de MM. Dehérain et Moissan; enfin, il est vraisemblable que, sous son influence, l'élaboration et la migration des principes immédiats s'effectue mieux qu'aux basses températures : l'usage des cloches et des serres est là pour nous le démontrer.

Examinons maintenant les deux faces de la feuille : vis-à-vis de la chaleur sensiblement homogène qu'émet l'eau bouillante elles se conduisent de la même manière, mais lorsqu'à ces radiations élémentaires viennent s'en joindre d'autres d'indice plus élevé, les différences s'accentuent nettement; il est alors naturel d'admettre que, si on étudiait l'absorption de ces dernières seulement, qui renferment déjà une quantité mesurable de chaleur rouge et jaune, on trouverait entre les deux pouvoirs absorbants des écarts beaucoup plus considérables que ceux qui viennent d'être signalés : l'expérience n'a pas été faite; nous espérons la réaliser prochainement, et le résultat est facile à prévoir. Que pouvons-nous déduire dès à présent de cette conclusion anticipée? évidemment que, dans la plupart des cas, l'endroit absorbe plus que l'envers les chaleurs lumineuses qui doivent être transformées en travail; les différences

pourront être très grandes chez les lauriers, le rhododendron, le peuplier blanc surtout, faibles chez le lilas, le noyer, et enfin elles pourront changer de signe pour le marronnier et le chèvrefeuille. Si la quantité de chaleur absorbée (ou, ce qui revient au même, de lumière) est variable, il en doit être de même du travail produit, et c'est précisément ce qu'ont démontré toutes les expériences de M. Boussingault sur l'assimilation du carbone.

« L'endroit des feuilles épaisses et rigides des lauriers, dit-il, décompose plus d'acide carbonique que l'envers. Les feuilles à parenchyme mince, mais dont l'endroit et l'envers ont des nuances tellement tranchées que l'on peut dire que le limbe n'est coloré en vert que sur sa face supérieure (c'est le cas du *populus alba*), offrent des résultats analogues à ceux que fournissent les feuilles plus épaisses.

« Les feuilles à parenchyme mince, celles du platane, du marronnier et du pêcher, ne réduisent pas sensiblement plus d'acide carbonique par leur partie supérieure que par leur partie inférieure. »

Bien plus, si nous examinons en détail les expériences de M. Boussingault, nous y trouvons une feuille de marronnier qui, au soleil, a décomposé plus d'acide carbonique par l'envers que par l'endroit; loin d'être une anomalie, cette expérience vient vérifier de la façon la plus complète l'exactitude de notre dernière conclusion.

Enfin le phénomène de la transpiration varie, d'après M. Dehérain, dans le même sens que le précédent.

Si nous passons maintenant à l'étude de la transmission, nous sommes frappé de voir combien est faible la quantité de chaleur qui peut traverser les feuilles : ces organes, très absorbants, transmettent peu, et de plus privent au passage la radiation incidente de tous les rayons efficaces qu'elle possédait; il en résulte que, au point de vue de la chaleur, et nous y comprenons la lumière, les feuilles se comportent presque comme des écrans opaques; il règne donc derrière elles une sorte d'obscurité calorifique et lumineuse à la fois qui explique,

à notre avis, l'influence du couvert mieux que toute autre interprétation. Si cette manière de voir est exacte, l'ombre d'une plante doit être d'autant plus funeste à la végétation que les feuilles qui la composent absorbent davantage : c'est en effet ce que l'observation pratique a vérifié : le couvert des végétaux à feuilles persistantes, ordinairement épaisses et fortement colorées, est plus nuisible que le couvert des arbres à feuilles caduques, plus minces et moins absorbantes.

En résumé, on voit qu'un certain nombre de phénomènes physiologiques déterminés par la seule action du rayonnement rentrent par leur origine même dans le domaine de la physique pure, et peuvent s'expliquer par de simples considérations naturelles : ce travail n'a pas eu d'autre but que la vérification de cette idée ; il est encore bien incomplet, mais nous espérons pouvoir bientôt l'étendre davantage et donner pour les radiations lumineuses des résultats analogues à ceux que nous avons trouvés pour les radiations calorifiques obscures.

ALTÉRATIONS PRODUITES DANS LES PLANTES

PAR

LA CULTURE DANS UN SOL SURCHAUFFÉ

HYPERTROPHIE ET MULTIPLICATION DES NOYAUX DANS LES CELLULES HYPERTROPHIÉES,

Par ÉD. PRILLIEUX.

La connaissance de l'action que peuvent exercer sur la vie des plantes les diverses influences extérieures a une si grande importance, que même les déformations et les monstruosités prennent un grand intérêt quand on peut rattacher sûrement leur production à une cause extérieure déterminée.

L'étiolement, par exemple, que produit l'absence de lumière a fourni déjà la matière de plusieurs importantes et fructueuses études. C'est une modification de la structure normale des tiges non moins marquée que celle que cause l'étiolement, mais se manifestant dans des conditions tout autres que je viens de signaler aujourd'hui à l'attention des observateurs. Je l'ai observée dans des plantes qui se développaient sur un sol dont la température était plus élevée que celle de l'air ambiant.

Parmi les plantes diverses dont j'ai pu modifier la structure et l'aspect, ce sont les haricots et les courges qui m'ont fourni les résultats les plus nets et que j'ai représentés dans les figures jointes à ce travail (1).

Voici dans quelles conditions j'ai obtenu ces singulières déformations. Je semais les graines dans une grande terrine dont le sol était chauffé à l'aide d'une tige de laiton coudée qui plongeait verticalement d'un côté dans la terre et était chauffée de l'autre côté par sa partie horizontale à l'aide d'un bec de gaz. L'expérience était installée dans une pièce froide

(1) Ces observations faites il y a trois ans déjà, avaient été interrompues ; je les reprends en ce moment, mais je ne crois pas devoir attendre plus longtemps pour publier les résultats déjà acquis.

et humide du laboratoire de physiologie de l'Institut national agronomique.

Dans ces conditions que je n'indique ici que très sommairement, me proposant de revenir prochainement sur ce sujet dans un autre travail, les graines germaient, mais leur croissance ne se faisait pas régulièrement; au sortir de terre les jeunes plantes présentaient un aspect fort bizarre; elles ne s'allongeaient que peu et difficilement, mais se renflaient d'une manière tout à fait inusitée. Cette croissance excessive en épaisseur ne se faisait certainement pas sans produire des tensions fort grandes dans les couches superficielles, car presque toutes les jeunes tiges tuméfiées présentaient un peu plus tôt ou un peu plus tard de profondes crevasses qui pénétraient jusqu'à la moelle et rendaient impossible un long développement ultérieur. Ces crevasses ne se produisaient que rarement dans le sens de la longueur, mais le plus souvent transversalement, comme on le voit sur la figure 3. La production de ces déchirures prouve bien que l'accroissement des parties profondes était beaucoup plus grand que celui des couches superficielles; ces dernières, tendues d'abord par les tissus intérieurs tuméfiés, finissaient par éclater en cédant à la force d'expansion qu'elles ne pouvaient plus contenir,

On sait que dans les conditions normales, les parties profondes, en particulier la moelle des jeunes tiges, ont ordinairement une tendance à se dilater qui est contenue par les couches superficielles et que la force de dilatation augmente quand la tige est plongée dans l'eau. Si on fend en quatre, dans la longueur, le bout d'une jeune tige, les quatre parties se courbent, la concavité en dehors ; si on la plonge dans l'eau, la courbure augmente, ce qui prouve que les cellules de la moelle n'avaient pas encore atteint la limite de leur turgescence. Il en est de même dans les tiges tuméfiées qui sont crevassées, lorsqu'on les met dans l'eau, on voit s'y produire de nouvelles et profondes crevasses qui sont dirigées dans tous les sens et perpendiculairement les unes aux autres, comme le représente la figure 2.

Sur ce point, on doit noter une différence fondamentale entre les conditions dans lesquelles se produit l'augmentation anormale de volume des cellules des tiges étiolées à l'obscurité et de celles qui sont tuméfiées par la chaleur du sol, car dans les premières la tension des couches superficielles est affaiblie, elle est moitié moindre que dans les tiges normales d'après les observations de M. Kraus, (c'est même à l'absence de toute compression entravant l'expansion du tissu médullaire que ce savant observateur attribue l'excès de développement du tissu d'une tige soustraite à l'action de la lumière,) tandis qu'au contraire, dans les secondes, la tension est extrême, elle est telle que l'expansion des tissus profonds excède souvent la résistance des couches superficielles et les fait éclater.

On peut juger du changement produit dans la forme des tiges par l'excès de chaleur du sol, en comparant à une plante ayant végété dans des conditions normales (1) (fig. 4) une autre plante ayant poussé sur un sol surchauffé (fig. 1). Dans les deux échantillons, les premières feuilles commençaient à se dégager entre les cotylédons qui étaient portés à l'extrémité encore courbée de la tige. La longueur de la tige normale était d'environ 90 millimètres de la racine latérale la plus élevée à la crosse terminale; la portion correspondante de la plante venue en sol surchauffé n'était que de 45 millimètres. Mais, inversement, tandis que l'épaisseur de la tige normale n'était que 2,5 millimètres, le diamètre de la tige courte et renflée atteignait 8 ou 9 millimètres. La tige de la plante qui avait poussé sur un sol surchauffé était donc moitié moins longue et de 2 à 3 fois plus épaisse que celle de la plante normale.

Si de l'examen extérieur on passe à celui de la structure anatomique, on voit se manifester clairement la cause de la tension intérieure que dénonce la formation des crevasses.

(1) C'est dans une serre hollandaise fort éclairée que s'était développée la plante que j'ai considérée comme offrant les proportions normales et que j'ai figurée.

La comparaison entre l'épiderme de la tige renflée et celui de la tige normale, montre que les cellules du premier sont plus larges de deux à trois fois environ, et en même temps un peu plus courtes que celles du second (fig. 5 et 6). Les stomates sont modifiés dans le même sens, bien que dans une proportion un peu moindre ; ils sont plus courts et plus larges sur la tige renflée (fig. 6) que sur la tige normale (fig. 5). Quant aux poils ils ne présentent aucune différence; dans les deux cas ils sont de même taille et de même forme.

Le parenchyme cortical est bien plus modifié. Il participe dans une notable proportion à l'épaississement de la tige : il est quatre fois plus épais dans la tige renflée que dans la tige normale. Cependant, si on compte le nombre de cellules que l'on trouve sur une file entre l'épiderme et le liber, on reconnait qu'il est le même dans la tige épaisse que dans la tige mince, de 9 le plus souvent dans les deux cas. C'est donc à l'accroissement du volume des cellules et non à leur multiplication, qu'est dû le notable épaississement de la couche corticale. Ces cellules corticales (fig. 8), quatre fois plus grandes dans le sens du rayon que celles des tiges normales (fig. 7), se sont relativement un peu moins développées dans le sens transversal : au lieu d'être un peu allongées, parallèlement à la surface, comme à l'ordinaire, elles sont le plus souvent globuleuses ou même un peu allongées dans le sens radial.

On voit déjà que la différence de taille des éléments anatomiques de la tige gonflée et de la tige normale devient plus grande à mesure que l'on s'écarte de la surface, et l'on reconnaît là la cause de l'extension en largeur des cellules épidermiques et des crevasses qui se forment quand la tension dépasse la limite de leur résistanee.

Le parenchyme médullaire n'est pas moins dilaté que le parenchyme cortical : ses cellules dépassent encore en volume les plus grosses de l'écorce.

Quant au système libéro-ligneux (fig. 22 et 23), on y constate bien aussi une augmentation de taille de tous ses é-lé

ments constituants, mais, de plus, on y peut voir aussi que les cellules du parenchyme libérien s'y cloisonnent et s'y multiplient. La comparaison des figures 22 et 23 met, ce me semble, ce fait en pleine évidence.

Ainsi, en somme, les divers tissus de la tige dilatée sont beaucoup plus larges que ceux de la tige normale, et c'est presque exclusivement à l'augmentation de volume des éléments anatomiques et non à leur multiplication (à l'exception du parenchyme libérien) qu'est dû le gonflement des tiges qui subissent une sorte de tubérisation en poussant dans un sol surchauffé.

Les germinations de Courge, faites dans les mêmes conditions que celles de Haricot ont présenté une tuméfaction de la tige tout à fait analogue et même plus prononcée encore : là aussi l'inégalité du développement des parties profondes et superficielles détermine la production de larges crevasses (fig. 24 et 26).

Dans tous les cas, le caractère particulier de la modification que subissent ces tiges est l'hypertrophie des cellules profondes qui se dilatent sous une très forte pression. Dans ces conditions particulières, les noyaux subissent aussi des altérations comme les cellules qui les contiennent, ils s'hypertrophient et se multiplient de façon qu'on en voit souvent trois ou quatre dans une seule cellule.

L'attention des observateurs s'est beaucoup portée, dans ces derniers temps, sur la pluralité des noyaux à l'intérieur de certaines cellules.

Depuis bien longtemps, on avait constaté la présence du moins transitoire de nombreux noyaux dans le sac embryonnaire. On en a observé plusieurs aussi dans les grains de pollen (1) et dans les suspenseurs des embryons (2), mais la pluralité des noyaux n'avait guère été constatée dans les tissus

(1) Fredr. Elfving. *Studien über die Pollenkörner d. Angiosp.* in *Jenaische Zeitschrift*, t. XIII, 1879.

(2) Hegelmaier. *Vergleich. Untersuch. über Entwickel. dicotyl. Keime*, p. 101 ss, t. IV., et *Bot. Zeit.*, 1880, numéros 29 et 30.

normaux d'organes végétatifs des végétaux supérieurs (1), quand M. Treub en signala la présence habituelle dans les cellules extraordinairement allongées du liber de diverses plantes : Euphorbiacées, Asclépiadées, Apocynées et Urticées (2). Dans ce très intéressant travail, l'auteur montra que ces noyaux multiples sont dus à un mode de division qui ne diffère point de celui qu'a décrit avec tant de détail et de précision M. Strassburger (3) dans les cellules ordinaires à noyau unique, au moment où elles se multiplient. Le noyau, simple à l'origine, s'allonge, sa masse se concentre aux deux extrémités opposées, tout en se différenciant de telle façon que l'on voit apparaître dans la direction méridienne, allant d'un pôle à l'autre des filaments de plasma plus dense.

Longtemps avant cette observation de M. Treub, M. Pringsheim avait signalé la pluralité normale des noyaux dans certains articles des filaments du *Saprolegnia lactea*, accidentelle et rare chez les *Spirogyra* (4) ; et il avait indiqué que le mode de division des noyaux présentait dans le *Saprolegnia lactea* de singulières particularités.

Dans les algues qu'il a réunies sous le nom de Siphonocladiées, M. Schmitz (5) a aussi constaté la présence absolument

(1) J'avais déjà constaté un peu antérieurement l'existence de plusieurs noyaux dans des tissus hypertrophiés. « Je dois mentionner ici, disais-je alors (*Annales de l'Institut agronomique*, n° 2, 2e année, 1877-1878, p. 46), un fait qui m'a frappé pour la première fois en étudiant les tissus hypertrophiés sous l'action des piqûres des pucerons ; c'est la présence fréquente de plusieurs noyaux dans les cellules ; depuis, j'ai observé la même multiplicité de noyaux dans d'autres tissus hypertrophiés dont j'obtenais artificiellement la production dans des conditions déterminées. Je ne puis qu'indiquer ici en passant cette observation, dont je me propose de faire l'objet d'une publication particulière. »

(2) Treub. Sur les cellules végétales à plusieurs noyaux, in *Archiv. Neerland. d. Sciences exact. et natur.*, t. XV, p. 39-60. Pl. II-IV (1880), et en résumé dans le *Compte rendu Acad. d. Sc.*, t. LXXXIX (1879), p. 494.

(3) Sur la formation et la division des cellules. Trad. franc., par J.-J. Kickx, 1876.

(4) *Jahrbücher für Wissensch.* Bot. II, p. 230. Tab. XXIII et XXV.

(5) *Beobacht. Ueb. die vielkernigen Zellen d. Siphonocladiaceen* (Sonderabdr. aus d. *Festschrift d. naturforsch. Gesellsch. zu Halle*), Halle, 1879.

normale de très nombreux noyaux qui sont régulièrement disposés contre la paroi de la cellule, à une certaine distance les uns des autres. Il en a observé la multiplication et la décrit avec une grande précision. Le noyau normal globuleux ou lenticulaire s'allonge, avant de se diviser, en un long cylindre qui peut être jusqu'à huit ou dix fois plus long que large. Dans ce changement de forme et cet accroissement en longueur, la partie intermédiaire du cylindre est amollie et moins dense que les extrémités, elle se colore moins fortement par l'hématoxyline. Les deux extrémités se renflent ensuite, pendant que la partie médiane s'amincit. Les portions terminales, gonflées en boule, sont les deux nouveaux noyaux que sépare seulement un mince cordon de matière qui se colore bien faiblement. Ce cordon se rompt au milieu, et ses deux bouts rentrent dans la masse des grains jumeaux qui se voient libres l'un auprès de l'autre et présentant une forme tout à fait globuleuse (1).

On voit que le mode de multiplication de ces nombreux noyaux des Siphonocladiées diffère fort notablement de celui qu'a observé M. Treub dans les fibres libériennes des plantes supérieures, et se rapproche au contraire beaucoup de la division par étranglement, bien connue, des grains de chlorophylle.

Dans les plantes supérieures même, de récentes observations ont signalé un mode de division des noyaux qui semble se rapprocher beaucoup plus de celui des Siphonocladiées que de ce que l'on considère comme le mode normal de multiplication des noyaux, au moins dans les Phanérogames. M. Hegelmaier a étudié, dans le suspenseur de l'embryon de diverses Légumineuses (*Lathyrus ochrus*, *Orobus niger*, *Pisum sativum*), le développement des noyaux nombreux qu'il y a observés. Ces noyaux, avant de se diviser, s'allongent et présentent une forme oblongue ellipsoïde, puis commencent à

(1) *Beobacht. Ueb die vielkernigen Zellen d. Siphonocladioceen* (Sonderabdr. aus d. *festschrift d. natur forsch. Gesellsch. zu Halle*), Halle, 1879.

(2) *Ueber aus mehrkern. Zellen aufgebaute Dicotyl-Keimträger* (in *Bot. Zeit.*, 1880, n. 29 et 30).

montrer dans leur partie moyenne un étranglement, et à se séparer en deux moitiés qui demeurent quelque temps encore rattachées l'une à l'autre par un lien de substance molle et sans structure appréciable, avant de s'isoler complètement (1).

Dans les organes de végétation de diverses Monocotylédones et tout particulièrement dans les *Tradescantia*, M. Johow a observé aussi des noyaux allongés ou de forme singulière parfois en grand nombre dans les cellules ; il en a étudié la multiplication, et a constaté qu'elle est semblable à celle qu'a décrite M. Hegelmaier (2).

Il paraît donc y avoir dans le règne végétal deux modes de division des noyaux cellulaires, l'un normal, que l'on a toujours observé là où la division du noyau d'une cellule est suivie de la division de la cellule elle-même, et un autre notablement plus simple et qui a été observé seulement dans les cellules où les noyaux se multiplient seuls (la pluralité des noyaux n'étant cependant pas toujours due exclusivement à ce mode spécial de multiplication comme le prouvent les observations de M. Treub).

De semblables différences ont été observées aussi dans le règne animal. M. Van Beneden (3) a constaté et figuré dans les Dicyémides des noyaux se multipliant de deux façons : les uns en se différenciant de telle manière que l'on voit de doubles gerbes de filaments de plasma entre les deux pôles qui deviennent les centres des nouveaux noyaux ; les autres, sans présenter rien de pareil. Il a proposé de réserver exclusivement le terme de *division* des noyaux au premier mode de multiplication et de désigner sous le nom de *fragmentation* tout autre procédé de division ou de fractionnement des noyaux quel qu'il soit.

En acceptant ces termes sous toute réserve (4), je dirai que

(1) *Ueber aus mehrkern. Zellen aufgebaute Dicotyl-Keimträger* (in *Bot. Zeit.*, 1880, n. 29 et 30).

(2) *Untersuch. über d. Zelkerne in den Secretbehält. u Parenchym. zell der höher Monocotyl. Inaugural dissert.*, Bonn. 1880.

(3) *Recherches sur les Dicyémides*, avec 3 pl. Bruxelles, 1876.

(4) Ils sont employés par M. Strassburger, qui, dans un très intéressant mé-

c'est par fragmentation que se multiplient les noyaux hypertrophiés que contiennent les cellules hypertrophiées des tiges de Haricot et de Courge tuméfiées par la culture dans un sol surchauffé.

La pluralité des noyaux se montre dans toutes les parties des Haricots dont la végétation normale a été ainsi altérée ; on l'observe dans les racines courtes, sinueuses et contournées mais non renflées, aussi bien que dans les tiges gonflées ; mais dans les racines, les noyaux restent petits (fig. 10), tandis que dans les cellules dilatées de la tige ils atteignent une beaucoup plus grande taille (fig. 9).

Le plus souvent, les noyaux sont au nombre de deux ou trois : il est bien rare d'en trouver plus de quatre de forme régulière, isolés et indépendants dans une cellule.

Très souvent, dans les cellules hypertrophiées, les noyaux sont inégalement développés, et ils peuvent différer beaucoup entre eux de taille et de forme.

J'ai représenté (fig. 11) une cellule contenant trois noyaux : deux sont globuleux, l'un petit (fig. 12), et l'autre fort gros (fig. 14) ; le troisième est fort irrégulier, et présente sur divers points des saillies arrondies (fig. 13).

Dans la Courge, on trouve plus fréquemment encore de ces noyaux bosselés qui peuvent atteindre une taille gigantesque (fig. 32, 36, 37, 39).

Ces grands noyaux déformés portent le plus souvent des nucléoles de forme aussi fort irrégulière et fréquemment chaque noyau en contient plusieurs.

Les préparations que j'ai étudiées et dessinées ont été traitées par l'acide osmique, qui colore en noir les nucléoles et en

moire que je reçois en ce moment (*Einige Bemerk. über vielkernige Zellen*, *Bot. Zeit.*, décembre 1880, nos 50 et 51), vient de montrer que les organes où on a observé la fragmentation des noyaux peuvent aussi contenir des noyaux se multipliant par division normale. Dans les cellules jeunes du suspenseur de l'*Orobus vernus*, par exemple, les noyaux se multiplient par division, ce n'est que dans les cellules déjà âgées que la multiplication se fait par fragmentation. La fragmentation des noyaux est, selon M. Strasburger, l'indice d'un affaiblissement et d'une altération de la vie de la cellule.

rend les contours et la structure intérieure très nets. On voit alors qu'ordinairement ils contiennent une ou plusieurs vacuoles qui apparaissent en clair dans la masse noirâtre du nucléole. Quand le nucléole est rond, souvent on y voit une vacuole arrondie assez grande parfois accompagnée de plusieurs autres plus petites qui semblent de très petits points clairs. Quand le nucléole est allongé, on y observe tantôt une vacuole allongée comme le nucléole même (fig. 33), tantôt une série de petites vacuoles allignées à la file (fig. 30).

Les nucléoles après s'être allongés (fig. 13) se divisent souvent en s'étranglant par le milieu (fig. 34, 36, 39). Ordinairement alors on voit une vacuole claire se montrer dans la portion terminale qui s'arrondit et va bientôt devenir un nouveau nucléole.

Ce n'est pas seulement en s'allongeant en deux directions opposées que les nucléoles se préparent à se diviser; souvent c'est dans trois directions différentes qu'ils présentent des saillies qui sans doute peuvent aussi se séparer et produire des nucléoles nouveaux (fig. 32, 39).

Dans le haricot, je n'ai trouvé le plus souvent qu'un seul nucléole par noyau, mais dans la Courge les gros noyaux mamelonnés en présentent très souvent quatre et même plus (fig. 34, 35, 36, 39).

Les noyaux hypertrophiés sont vésiculeux : leur surface est formée par un plasma dense et finement granuleux constituant autour d'une sorte de paroi plus ou moins épaisse une cavité à contours peu déterminés qu'occupe un contenu liquide de densité beaucoup moindre. C'est dans l'intérieur du plasma dense formant paroi que se trouvent les nucléoles dont les contours sont nettement tranchés. Quand un nucléole s'est divisé, les nucléoles jumeaux sont entraînés loin l'un de l'autre par le plasma qui les environne.

Les noyaux qui se divisent présentent extérieurement, le plus souvent un pli rentrant, qui tend à les partager en deux, et qui, se produisant ordinairement sur un des côtés seulement, leur donne une apparence réniforme (fig. 28, 34). Si, sans se

borner à l'examen de la surface, on pénètre par des coupes optiques à l'intérieur de ces corps, on voit que vis-à-vis du nucléole, quand il n'y en a qu'un (fig. 28), ou d'un des gros nucléoles, quand il y en a plusieurs (fig. 34, 37) ou entre deux nucléoles jumeaux rapprochés l'un de l'autre (fig. 31), il se forme une cloison de plasma qui divise en deux la cavité intérieure du noyau. Puis, les deux moitiés, ayant chacune sa cavité propre, se gonflent et tendent à s'isoler. La portion de la surface qui correspond à la cloison transversale ou à la paroi commune aux deux nouveaux noyaux est marquée alors par un pli d'autant plus profond que les deux vésicules jumelles s'enflent davantage; comme la dilatation se fait surtout par le côté opposé au nucléole, le noyau devient bilobé ou réniforme. Souvent le nucléole se divise en même temps que le noyau, et chaque nouveau noyau se montre muni d'un nucléole qui est la moitié d'un nucléole primitif (fig. 15, 31). L'isolement complet des noyaux jumeaux s'achève par la prolongation de la fente qui pénètre entre les lobes à travers l'épaisseur de la cloison séparative (fig. 15, 17, 33). Cet isolement ne se fait pas toujours complètement, et très souvent les deux moitiés restent soudées l'une à l'autre (fig. 28, 34, 35, 37).

Le cloisonnement interne des noyaux hypertrophiés peut se répéter à plusieurs reprises sans que les portions séparées par les cloisons se disjoignent. J'ai vu des noyaux atteindre, comme celui qui est représenté figure 38, un volume énorme, et former une masse ovoïde divisée en 6 à 8 compartiments par des cloisons de plasma. Un tel noyau multiple et hypertrophié présente à peu près l'aspect d'un petit corps pluricellulaire.

Parfois les noyaux produits par cloisonnement intérieur, bien qu'entièrement isolés, demeurent cependant pressés les uns contre les autres, comme s'ils s'étaient formés à l'intérieur d'une étroite cavité. Dans quelques cas, j'ai pu distinguer assez nettement, ce me semble, autour d'un groupe de noyaux jumeaux, une pellicule de plasma(fig. 16, 18, 21) pellicule qui du reste se montre le plus souvent déjà déchirée (fig. 21) ou en voie de désorganisation (fig. 20.)

Je crois pouvoir conclure de l'examen de noyaux tels que ceux que j'ai représentés figure 16 pour le Haricot et figure 31 pour la Courge, qu'au moment ou la fragmentation a commencé, le plasma du noyau primitif s'était déjà différencié en une membrane et un contenu disposé en une épaisse couche pariétale autour de la lacune centrale et que c'est la masse plasmatique recouverte par la membrane qui seule a pris part à la division. Les noyaux jumeaux se sont donc formés à l'intérieur d'une poche de plasma qui est la paroi du noyau primordial. Mais cette enveloppe commune n'est qu'une pellicule peu résistante et peu durable qui se détruit et qui disparaît de très bonne heure : la formation et le gonflement des noyaux jumeaux qu'elle enserre en hâte la désorganisation, et le plus souvent on n'en voit plus que des lambeaux (fig. 18, 21). Je n'ai pu l'observer entière et non altérée que dans des cas peu nombreux et ce que j'ai vu ne saurait m'autoriser à affirmer qu'elle existe toujours au début de la fragmentation des noyaux.

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHE 1.

Fig. 1. *Haricot.* — Germination de haricot sur un sol surchauffé (grand. nat.).

Fig. 2. Tige crevassée qui a été mise dans l'eau ; de nouvelles crevasses profondes s'y sont formées, perpendiculairement les unes aux autres, soit dans le sens longitudinal, soit dans le sens transversal (grand. nat.).

Fig. 3. Jeune plante présentant sur la tige une profonde crevasse transversale (grand nat.).

Fig. 4. Jeune plante de haricot présentant les proportions normales (grand nat.).

Fig. 5. Épiderme de la tige normale, gross. $\frac{190}{1}$.

Fig. 6. Épiderme de la tige hypertrophiée, gross. $\frac{190}{1}$.

Fig. 7. Parenchyme cortical de la tige normale, gross. $\frac{105}{1}$.

Fig. 8. Parenchyme cortical de la tige hypertrophiée, gross. $\frac{105}{1}$.

Fig. 9. Cellules à plusieurs noyaux du parenchyme cortical d'une tige hypertrophiée, gross. $\frac{220}{1}$.

Fig. 10. Cellules à plusieurs noyaux de la racine, gross. $\frac{190}{1}$.

Fig. 11. Cellule hypertrophiée de la tige contenant trois noyaux, un petit et un gros globuleux et un troisième de forme irrégulière, gross. $\frac{280}{1}$.

Fig. 12, 13 et 14. Ces mêmes noyaux à un plus fort grossissement, gross. $\frac{280}{1}$.

Fig. 15. Deux noyaux jumeaux, serrés l'un contre l'autre, gross. $\frac{280}{1}$.

Fig. 16. Noyau hypertrophié en voie de fragmentation par séparation de la masse plasmatique en deux, à l'intérieur d'une membrane enveloppante, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 17. Séparation à peu près complète de deux noyaux jumeaux, gross. $\frac{280}{1}$.

Fig. 18. Fragmentation d'un noyau à l'intérieur d'une membrane désorganisée déjà d'un côté, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 19. Noyau se divisant en deux, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 20. Noyau se divisant en deux à l'intérieur d'une membrane commune en voie de désorganisation, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 21. Quatre noyaux jumeaux d'une tige hypertrophiée de sarrazin, autour desquels on voit encore un lambeau de membrane enveloppante.

PLANCHE 2.

Fig. 22. Coupe de la zone ligneuse d'une tige normale de haricot à l'état de développement, représenté fig. 4, gross. $\frac{280}{1}$.

Fig. 23. Coupe de la zone ligneuse d'une tige renflée, gross. $\frac{280}{1}$.

Fig. 24. *Courge.* — Germination de Courge dont la tige est fort renflée, et présente transversalement une grande crevasse (grand, nat.).

Fig. 25. Germination moins avancée; la jeune plante à tige déjà fort hypertrophiée, sortant de la graine (grand. nat.).

Fig. 26. Jeune plante présentant sur sa tige gonflée une large crevasse très ouverte (grand. nat.).

Fig. 27. Cellule de la tige hypertrophiée, contenant trois noyaux à plusieurs nucléoles, gross. $\frac{375}{1}$.

Fig. 28. Noyau hypertrophié se fractionnant. Sa cavité s'est divisée en deux, par formation d'une cloison de plasma vis-à-vis du nucléole, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 29. Un noyau à nucléole de taille très grande, relativement à celle du noyau, et de forme très allongée, contenant deux petites vacuoles adjacentes à l'une des extrémités, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 30. Noyau partagé en deux par une cloison transversale présentant deux nucléoles inégaux chacun d'eux montre une tendance à la division; ils s'allongent et présentent déjà un très faible étranglement à la partie moyenne. Ils contiennent l'un et l'autre plusieurs très petites vacuoles, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 31. Noyau en voie de division, par séparation de la masse intérieure en deux noyaux jumeaux, à l'intérieur d'une couche enveloppante de plasma, qui est la membrane du noyau primitif. Chacun des deux jeunes noyaux jumeaux a son nucléole.

Fig. 32. Noyau hypertrophié, de forme irrégulière, présentant un gros nucléol à trois branches, contenant plusieurs vacuoles, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 33. Deux nucléoles jumeaux accolés, l'un contient un, l'autre deux nucléoles. Le plus allongé de ces deux nucléoles présente à son intérieur une vacuole très longue et une globuleuse, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 34. Gros noyau divisé en deux, et montrant quatre nucléoles, dont l'un est en voie de division par étranglement, gross. $\frac{860}{1}$

Fig. 35. Noyau multiple, présentant un gros nucléole de forme irrégulière, et plusieurs autres plus petits, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 36. Noyau hypertrophié montrant trois nucléoles, dont l'un est en voie de division par étranglement la partie médiane du corps du nucléole au niveau de l'étranglement, s'est moins colorée que le reste sous l'action de l'acide osmique, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 37. Noyau hypertrophié, à demi divisé en deux, montrant trois nucléoles de taille et de forme fort diverses, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 38. Très gros noyau multiple divisé en compartiments par des cloisons intérieures. On y distingue sept noyaux jumeaux soudés ensemble en une seule masse, gross. $\frac{860}{1}$.

Fig. 39. Noyau multiple présentant plusieurs nucléoles : deux plus petits globuleux isolés, mais voisins l'un de l'autre ; un autre allongé, en voie de division en deux par étranglement, et un troisième de forme irrégulière, qui semble destiné à se partager en trois.

CATALOGUE DES PLANTES

PHANÉROGAMES ET CRYPTOGAMES VASCULAIRES

DE LA GUYANE FRANÇAISE

Par M. le Dr P. SAGOT,
Ancien chirurgien de marine, etc.

AVANT-PROPOS.

Ayant entrepris d'écrire une flore de la Guyane française, pays que j'ai habité cinq ans, et où j'ai herborisé avec ardeur, il m'a paru utile, tout en poursuivant ce long et difficile travail, de donner aux botanistes, sous forme de *Catalogue des espèces*, les premiers fruits de mes études.

Ce catalogue paraîtra par fragments successifs, et aujourd'hui je ne puis en donner que les familles répondant aux premiers volumes du Prodrome, précédées d'un avant-propos.

Ce que j'imprime est, je l'avoue, encore inachevé. Non seulement on récolte toujours à la Guyane quelques espèces nouvelles et on y complète la connaissance des espèces mal connues, mais il est à peu près impossible à un botaniste d'avoir examiné toutes les plantes de la Guyane que renferment les divers herbiers d'Europe, d'avoir soigneusement lu et pris en note tous les documents relatifs à des plantes guyanaises qui ont paru dans des mémoires, des monographies, des flores de régions limitrophes.

L'imperfection de nos connaissances sur la flore des Guyanes, parcourues depuis un siècle par près de trente botanistes différents, provient avant tout de la nature de la végétation, formée en forte partie de grands arbres et de hautes lianes.

La forêt couvre plus des neuf dixièmes du sol, et se refuse absolument à une exploration facile et expéditive. La végétation s'y accomplit à cent pieds au-dessus de la tête du botaniste, qui ne voit, en s'y promenant, que des troncs d'arbres, quelques fleurs ou quelques fruits çà et là tombés à terre, des

feuilles mortes et quelques plantes basses aptes à pousser et fleurir sous l'ombre, Fougères, Lycopodiacées, Mélastomacées, Pipéracées, Aroïdées mêlées avec de très jeunes pieds d'arbres.

Parfois une fleur tombée à terre lui révèle une espèce qu'il n'a pas encore récoltée. Il faut alors abattre à la hache l'arbre et souvent avec lui quelque arbre voisin qui, lié à ses branches par de grosses lianes, l'empêche de tomber, travail long et pénible qui, en procurant les fleurs, interdit l'espérance d'observer le fruit. Le climat, très chaud et très humide, et surtout très uniforme, crée une nouvelle difficulté en interdisant à la végétation une floraison générale et régulière à des époques bien déterminées.

Beaucoup de grands arbres ne fleurissent qu'arrivés à toute leur taille, c'est-à-dire à trente mètres d'élévation, et beaucoup, arrivés à cette stature, ne fleurissent qu'une année sur plusieurs.

L'agriculture, qui procède par nouveaux défrichés continuels, en raison du très prompt épuisement du sol après le déboisement, opère pendant la saison sèche des abatages de forêts, mais ce travail se fait avant l'époque de la floraison la plus générale des grands arbres, qui est le retour des pluies, et le botaniste ne trouve pas souvent une occasion favorable d'y assister.

Sur les cultures abandonnées, commençant à se couvrir de repousses de bois, ou, comme on dit à la Guyane, sur les *gniaments* (d'un mot américain altéré), on trouve çà et là quelques arbres fleuris, mais ce sont en général des espèces vulgaires, à floraison facile et abondante.

On récolte quelques arbres en fleur sur la lisière de la forêt, sur le bord des routes qui la traversent.

La meilleure exploration botanique de la forêt s'effectue en suivant en pirogue le bord des cours d'eau qui la divisent. Si la berge est ferme et coupée dans le sol de la forêt, sans formation d'un atterrissement vaseux de quelque étendue, on trouve sur le bord de la rivière beaucoup d'arbres inclinés, ou tombés à terre, mais vivant encore, et offrant au botaniste leurs

rameaux fleuris avec les lianes qui s'y enlacent et les épiphytes qui y ont poussé.

La végétation de la Guyane, au point de vue de la formation des collections botaniques, se divise moins en plantes communes et rares qu'en plantes accessibles et inaccessibles. Les plantes herbacées, les arbustes, un certain nombre d'arbres abondants et très florifères, ou de lianes à floraison facile et aptes à végéter dans les cultures abandonnées, sont assez bien connues, se récoltent assez promptement dans le pays et abondent dans les herbiers. Beaucoup d'espèces arborescentes n'ont été récoltées que très raremment, ou même ont encore échappé aux explorateurs.

Ce sont les grands arbres et les hautes lianes qui sont la partie vraiment originale de la flore guyanaise; les plantes herbacées ou basses des savanes se retrouvent presque toutes, plus réunies, plus faciles à récolter, dans les llanos du Vénézuéla et les campos du Brésil, au nord ou au sud de la grande forêt de la vallée de l'Amazone.

Dans la rédaction d'un catalogue des plantes de la Guyane. des incertitudes naissent de la manière très diverse dont les botanistes conçoivent l'espèce. Tel distinguera dix espèces différentes là où un autre ne verra que des formes accidentelles d'une seule espèce.

Le *Tococa guyanensis*, le *Bellucia Aubletii*, de la famille des Mélastomacées, les *Lecythis*, les *Connarus*, les *Icica*, le *Ryania speciosa*, les Hippocratéacées, les Clusiacées, les *Securidaca*, etc., offrent des cas nombreux de ces diversités d'opinion. En Europe, et dans les pays à végétation basse et principalement herbacée ou suffrutescente, à floraison régulière et abondante, on cherche à résoudre les difficultés de ce genre en comparant un grand nombre d'échantillons, en cultivant dans un même jardin les formes locales observées dans des contrées diverses.

On ne saurait appliquer ces procédés à une foule de plantes guyanaises, qui sont de très grands arbres ou de hautes lianes d'une observation et d'une récolte fort difficiles, d'une florai-

son plus ou moins rare, qui ne se sont présentées qu'un petit nombre de fois aux collecteurs.

Un botaniste qui a herborisé dans le pays a un avantage incontestable pour deviner, sous l'apparence assez diverse des échantillons d'herbier, l'unité spécifique.

Il sait que sur les lianes on peut récolter des rameaux d'élongation vigoureuse commençant à porter des fleurs, très sensiblement différents des rameaux latéraux florifères, à bois plus grêle, à feuilles plus petites et plus rapprochées, destinés ordinairement à périr après avoir porté les fruits.

Il sait que, pour une espèce arborescente, des échantillons pris sur la cime d'un vieux sujet, aux rameaux noueux, courts, très ramifiés, peuvent être assez différents de ceux qu'on pourrait cueillir sur un pied plus jeune, commençant pour la première fois à fleurir.

Il sait que certaines fleurs développées à contre-saison, et notamment au plus fort de la saison sèche, offrent parfois des anomalies de développement.

Il sait surtout que dans beaucoup d'espèces polygames, ou subpolygames, des pieds différents peuvent présenter une certaine prédominance mâle ou femelle, en sorte que, sur la même espèce, on peut trouver le style long ou court ; les étamines plus longues et plus nombreuses, ou plus courtes et moins abondantes ; les pétales plus grands, plus colorés, plus caducs, ou plus courts, plus persistants et plus épais ; les pédicelles floraux plus grêles et plus allongés, ou plus épais et plus courts ; les inflorescences plus diffuses et plus multiflores, ou plus rétrécies et chargées de moins de fleurs.

Il sait encore que dans certaines familles les formes anomales et submonstrueuses de la fleur ou du fruit ne sont pas très rares, et qu'on peut alors observer des stigmates punctiformes au lieu d'être larges, des fruits oblongs et presque stériles au lieu d'être arrondis et bien pourvus de graines, des samares à aile grande et à cavité séminifère atrophiée ou subatrophiée, ou bien à cavité séminifère très développée et à aile courte.

J'ai limité mon travail à la Guyane française, tout en reconnaissant qu'il est vraisemblable qu'on y retrouvera un jour les espèces qui n'ont été encore récoltées que dans la Guyane hollandaise, ou sur le littoral et dans la région moyenne de la Guyane anglaise.

Je dois présenter un court aperçu des explorations botaniques qui ont été faites à la Guyane française.

Barrère, qui n'était pas spécialement botaniste, mais qui portait à la fois ses observations sur toutes les branches de l'histoire naturelle, arriva à Cayenne en 1722 et passa trois années à la Guyane. Il n'a porté son attention que sur quelques plantes principales, déjà en partie plus ou moins remarquées par les colons.

Aublet, premier botaniste explorateur de la Guyane française et fondateur de sa flore, arriva à Cayenne en 1762, et explora le pays pendant deux années, avec une pleine liberté et des moyens d'action considérables. Il a visité surtout les environs de Cayenne, la rivière de la Comté (Oyac, Orapu), le quartier de Kourou. Il a remonté très haut la rivière de Sinnamary et herborisé dans la crique des Galibis, rameau d'anastomose du haut Sinnamary avec la Comté, localités qui n'ont pas été visitées par les botanistes suivants. Aublet, d'après son livre, paraît avoir recueilli environ onze cents espèces. Il en figura et décrivit comme nouvelles à peu près quatre cents. Celles qu'il regardait comme déjà connues étaient surtout des espèces qui s'étendent aux Antilles, dont la végétation avait été étudiée avant celle de la Guyane. Les déterminations et les descriptions avaient été faites avec l'aide et le contrôle de Bernard de Jussieu. Aublet avait sous les yeux, en écrivant, ses échantillons de plantes séchées et des notes manuscrites avec des dessins sommaires d'après le vivant. Il parle d'envois en Europe perdus, mais d'après sa préface il avait surtout constaté la perte d'envois faits antérieurement à son voyage à la Guyane de l'île Maurice, où il avait habité neuf années. Il dit en effet en propres termes : « Ce qui me resta de plus complet

» fut mes herbiers, spécialement celui de la Guyane, dont je » m'étais réservé les descriptions écrites dans un registre. » Aublet était arrivé à la Guyane en juillet 1764. A son retour, il avait passé à Saint-Domingue six mois, chargé de diriger des constructions. Il arriva à Paris au commencement de 1765. Sa flore porte la date de 1775, et il mourut trois ans après l'avoir publiée.

Les plantes d'Aublet furent acquises après sa mort par sir Joseph Banks, qui donna à Linné fils un échantillon de presque toutes les espèces, car les espèces y existaient presque toutes en double.

L'herbier de Banks est conservé à Londres au British Muséum. L'herbier de Linné fils y est conservé aussi, distinct de l'herbier de Linné.

Leblond arriva à la Guyane en 1786, et y fit un très long séjour. Il a fait de lointaines excursions dans le haut des rivières; mais dans de tels voyages on a rarement les facilités nécessaires pour récolter beaucoup de plantes. Plus de cinq cents espèces récoltées par Leblond furent étudiées et déterminées par L. Cl. Richard.

L. Cl. Richard fit un voyage botanique de plusieurs années (1781-89) à la Guyane et aux Antilles. Arrivé à Cayenne en 1781, il explora pendant quelques mois les environs de la ville, puis visita d'autres parties de la colonie, notamment la rivière de Kourou. Il se rendit ensuite aux Antilles. Je ne pense pas que Richard ait pu recueillir à la Guyane plus de cinq ou six cents espèces.

Une quarantaine d'années après le voyage d'Aublet à la Guyane, il fut fait à Cayenne, probablement sous l'inspiration du gouvernement colonial, des collections d'histoire naturelle, et notamment un herbier, qui furent expédiés en France en 1803.

Le navire qui portait cet envoi fut capturé par les Anglais, et la cargaison fut vendue. Rudge acheta l'herbier, qui occupait huit grandes caisses, et où chaque espèce était ordinairement représentée par cinq ou six échantillons préparés avec soin. Il

ne semble pas que les étiquettes portassent l'indication de localité précise, ni de nom de collecteur. Les plantes furent comparées en Angleterre à l'herbier d'Aublet et aux collections de Banks et Dryander. Rudge publia les espèces nouvelles avec une cinquantaine de très belles figures. *Plantarum Guianæ rariorum icones et descriptiones hactenus ineditæ* (Londres, 1805). La préface de Rudge n'indique pas le nombre de plantes que contenait la collection. Elle présentait quelques espèces qui sont uniques encore dans les herbiers, notamment l'*Erisma floribundum*.

Patris herborisa avec zèle à la Guyane française vers 1795. Sa collection, qui atteignit probablement le chiffre de douze ou quinze cents espèces, et qui a été estimée deux mille, en raison des doubles, fait partie de l'herbier de M. de Candolle. C'est d'après des échantillons de Patris, et aussi de Perrottet, qu'ont été décrites les espèces guyanaises dans les premiers volumes du Prodrome. D'après les renseignements qui m'ont été fournis à Genève par M. A. de Candolle, l'herbier de Patris avait été donné à Lhéritier par le chevalier Turgot. Il passa à A. P. de Candolle, quand celui-ci acheta l'herbier de Lhéritier. Les plantes de Patris, qui forment plus de la moitié des espèces guyanaises de l'herbier authentique du Prodrome, ne portent ni la signature de Patris, ni la mention précise de la localité. Patris avait eu des rapports avec de Rohr et Rolander. Ses échantillons ont été préparés avec soin et probablement à un seul exemplaire ou à deux ou trois.

Leschenault, dans ses longs voyages, herborisa un peu à la Guyane, où je présume qu'il n'a passé que quelques mois. Ses plantes sont déposées dans l'herbier du Muséum de Paris, avec la date mentionnée 1823, 1824. Les localités indiquées sont Mana et Surinam.

Gabriel, magistrat, sécha à la Guyane un certain nombre de plantes. Elles sont dans l'herbier Delessert, possédé aujourd'hui, comme on sait, par la ville de Genève.

Martin, directeur des Épiceries de la Gabrielle, récolta beaucoup de plantes. L'herbier du Muséum de Paris possède sa

collection qui est importante, très bien préparée, et a fourni des types à beaucoup de descriptions.

Poiteau habita cinq ans la Guyane comme directeur des cultures des habitations royales, 1817-1822. Il recueillit environ douze cents espèces. L'herbier du Muséum de Paris possède sa collection la plus complète. Ses échantillons sont préparés avec beaucoup de soin, et ont servi de types à un certain nombre de descriptions. Il a herborisé surtout autour de Cayenne, à la Gabrielle, sur les bords de la Mana. Poiteau a publié un mémoire intéressant, orné de superbes figures, sur les Lécythidées guyanaises. Avant mon départ pour la Guyane, j'ai eu le plaisir de rendre visite à Paris, à Poiteau, déjà bien âgé. D'après la notice de Lasègue, Poiteau avait dessiné sur le vivant et décrit quatre cents espèces.

La localité de la Gabrielle, explorée par Martin et Poiteau, paraît botaniquement très riche. Elle représente un promontoire vers la côte du massif des grands coteaux de l'intérieur, dominant la plaine marécageuse alluviale de Kaw et se reliant à la chaîne des grands coteaux de Kaw et de Roura. L'habitation de la Gabrielle, fondée à la fin du dix-septième siècle pour la culture des épices, eut longtemps une brillante prospérité. L'avilissement du prix du Girofle lui a fait perdre son importance.

Perrottet herborisa deux ans à la Guyane (1819-21), et y recueillit beaucoup de plantes. La collection la plus complète de ses récoltes est au Muséum de Paris. De Candolle reçut aussi beaucoup de ses plantes, et bon nombre de plantes guyanaises du Prodrome sont décrites d'après des échantillons recueillis par lui.

Leprieur, pharmacien de marine, a habité très longtemps la Guyane, où il était arrivé en 1830 et où il a fait un premier séjour d'une dizaine d'années, entreprenant de grands voyages dans l'intérieur. Il est revenu à Cayenne et s'y est fixé à sa retraite. Il y est mort vers 1869. Il a récolté beaucoup de plantes et les a préparées en doubles assez nombreux pour qu'on en trouve dans plusieurs grands herbiers. Il a apporté

un soin spécial à la récolte des Cryptogames, dont il a dû recueillir, en comprenant ses dernières herborisations, peut-être un millier d'espèces. C'est d'après ses récoltes que le docteur Montagne a pu écrire ses mémoires sur la Cryptogamie guyanaise, dans laquelle il a trouvé de nombreuses espèces nouvelles.

J'ai eu le plaisir de me rencontrer avec Leprieur à Cayenne en 1859. Dans ses grands voyages il avait une fois remonté l'Oyapok et le Camopi jusqu'aux sources, et reconnu, sur l'autre versant, l'Yari qui coule vers le bas Amazone. Il avait passé du haut Oyapok dans le Maroni, et commençait à le descendre, quand les nègres bos lui interdirent de continuer le voyage. Il était resté plus d'une année dans le haut des rivières. Malheureusement on ne peut recueillir que peu de plantes, et surtout de doubles, dans de tels voyages, et on les voit souvent abîmées et perdues par la pluie ou les naufrages dans les cascades, ou bien on est obligé parfois de les abandonner faute de possibilité de transport.

Leprieur est le botaniste qui a recueilli à la Guyane le plus de Cryptogames, de Fougères, de Graminées et de Cypéracées. Il avait beaucoup exploré les environs, si riches, de Cayenne; comme aussi fait de lointaines herborisations dans l'Oyapok, l'Ouassa, le Couripi, l'Oyac et le Conana.

L'herbier du Muséum de Paris possède les plantes récoltées par Leprieur. Plusieurs grands herbiers d'Europe en possèdent aussi. Sa collection personnelle de Fougères fait partie de l'herbier de M. Cosson.

M. Mélinon, qui arriva à la Guyane vers 1838 sous le patronage du Muséum de Paris, où il avait été attaché plusieurs années aux cultures, a fait un très long séjour à la Guyane, dont il vient de revenir. Il a récolté beaucoup de plantes sèches et expédié en Europe beaucoup de plantes vivantes. Il a résidé successivement à Cayenne, à Mana, et au Maroni, où il a dirigé depuis 1858 une importante colonisation pénitentiaire. L'herbier du Muséum de Paris possède toutes ses récoltes. Au Maroni, dans les abatages de forêts pour défrichements, il a

pu recueillir beaucoup de grandes raretés dans les arbres et les hautes lianes. J'ai eu l'avantage de voir souvent M. Mélinon à la Guyane.

J'ai résidé à la Guyane cinq ans (1854-59) comme chirurgien de marine. J'ai exploré surtout les bords du Karouany, dit aussi Acarouany, grosse crique aux eaux lentes et profondes, au fond vaseux, de 8 ou 9 lieues de développement au milieu des forêts, qui débouche dans la Mana trois lieues au-dessus de son embouchure. J'ai exploré aussi plus ou moins sommairement les environs du bourg de Mana, le Maroni jusqu'à son premier rapide, les Ilets du Salut, les environs immédiats de Cayenne. J'ai récolté 1,200 espèces et comme je n'ai distribué mes collections qu'après les avoir déterminées avec soin, j'ai la confiance que mes plantes, possédées par les principaux herbiers d'Europe, auront rendu quelques services pour l'établissement d'une synonymie certaine. J'estime à une cinquantaine le nombre des espèces nouvelles que j'avais recueillies. Presque toutes sont aujourd'hui décrites dans la flore du Brésil, les derniers volumes du Prodrome, diverses monographies de MM. Bentham, Triana, Radlkofer. Beaucoup des espèces nouvelles que j'avais rencontrées au Karouany ont été depuis recueillies au Maroni par M. Mélinon.

Le docteur Rech, chirurgien de marine, a accompagné, comme médecin et naturaliste, l'expédition franco-hollandaise qui remonta le Maroni jusqu'à sa source, en 1861, sous le gouvernement de M. Tardy de Montravel. Un exemplaire de la collection des plantes qu'il recueillit est au Muséum. Cette collection renferme un nombre notable d'espèces intéressantes et est un des meilleurs documents que nous possédions sur la végétation du haut des fleuves.

M. Guénet, aujourd'hui juge de paix à Kourou, a récolté un certain nombre de plantes guyanaises et ajouté à ses échantillons des étiquettes détaillées, écrites d'après la plante vivante. Ses plantes, dont je n'ai vu qu'une partie, sont probablement conservées au Musée des colonies, car c'était pour l'Expo-

sition universelle de Paris de 1878 que sa principale collection avait été envoyée en France. J'ai pu entrer en relation avec lui et recevoir d'utiles renseignements sur la végétation comparée de diverses localités de la colonie. Il a visité, en effet, quoique souvent sans avoir le loisir d'y herboriser, la chaîne des coteaux de Kaw qui, grâce à son humidité et à la constitution du sol, semble avoir une richesse de végétation particulière ; le haut du Sinnamary, exploité aujourd'hui par les mineurs, offrant plus de fleurs et plus de Lichens que les autres rivières ; Kourou, remarquable par l'étendue de ses savanes et sa plage d'un accès facile, comme il a vu les environs de Cayenne, le Maroni, le bourg de Mana et le Karouany.

Les brillants voyages du docteur Crévaux à la Guyane française ont enrichi de données précieuses sa géographie, mais elles ont été trop rapides pour permettre des explorations botaniques minutieuses. Une première fois le hardi voyageur remonta en trente-trois jours de canotage le Maroni jusqu'à sa source, franchit en cinq journées de marche les montagnes très peu élevées (500 mètres) où il prend naissance, et sur l'autre versant trouva une rivière coupée de fortes cascades qui le conduisit dans le bas Amazone. Une seconde fois il remonta en une vingtaine de jours l'Oyapok, franchit par terre des montagnes plus basses encore et gagna la même rivière Yari, puis l'Amazone.

Il semble ressortir des observations du docteur Crévaux et de leur comparaison avec le voyage de Schomburgk :

Que la chaîne de Tumuchumac, ou crête de partage des eaux entre les Guyanes et les affluents du bas Amazone, a une très faible altitude 300, 600, et peut-être 1000 mètres aux sources de l'Essequebo ;

Que sa constitution géologique ne diffère pas de celle des coteaux des Guyanes ;

Qu'elle est couverte de forêts, sauf sur quelques pentes abruptes ou quelques crêtes rocheuses ;

Que les sources y sont nombreuses et que le pied des coteaux y repose souvent sur un sol marécageux ;

Que l'altitude n'y est pas suffisante pour y entretenir une végétation vraie de montagnes, comme en porte le Roraima dans la Guyane anglaise, massif montagneux qui s'élève jusqu'à 2300 mètres;

Que les grandes savanes intérieures de la Guyane anglaise ne se retrouvent pas dans l'intérieur de la Guyane française; ou n'y existent que par petites parcelles isolées, comme celle de Cottica au Maroni.

L'herbier du Muséum de Paris possède des plantes récoltées par le docteur Crévaux dans la rivière de Kourou. Quelques indications précieuses lui sont dues sur la végétation des *Strychnos* et leur production fréquente de petits fascicules de rameaux squamifères grêles, capilliformes, comme sur la préparation du *curare*, sur la végétation du *Bertholetia* dans le haut du Maroni, etc.

J'ai dû citer les noms des botanistes qui ont herborisé à la Guyane française, mais je me sens impuissant à définir le point précis auquel leurs explorations ont porté la connaissance de la flore guyanaise. L'herbier du Muséum de Paris est certainement la collection la plus riche en plantes de la Guyane française. Je l'ai beaucoup parcouru, et j'estime qu'en définissant les espèces avec une légitime sévérité, c'est-à-dire en n'admettant comme espèces que des plantes certainement distinctes, on peut croire qu'il renferme environ deux mille cinq cents espèces phanérogames et cryptogames vasculaires, récoltées à la Guyane française.

Combien reste-t-il d'espèces à trouver parmi les grands arbres, les hautes lianes et les épiphytes dans les localités déjà explorées? Combien en trouvera-t-on dans le haut des rivières et dans les lieux qui n'ont pas été visités ou qui n'ont été parcourus qu'à la hâte? Je ne saurais le dire. On doit croire toutefois que la très majeure partie des espèces a déjà été recueillie, et que ce n'est que dans les plantes difficiles à atteindre qu'il reste beaucoup de nouveautés à découvrir.

Je me suis servi, avec beaucoup de profit, d'une petite lunette à quatre verres pour distinguer les feuilles et les fleurs des

grands arbres, de leur pied, quand je me promenais dans la forêt, ou d'une très petite distance, quand je suivais en pirogue un cours d'eau qui la traversait. Avec un peu d'habitude on arrive à distinguer nettement et promptement.

Le complément de cette méthode d'investigation serait un projectile qui, lancé par la poudre, pût casser facilement un petit rameau dans la cime.

Je me suis interdit dans ce travail de sortir des limites de la Guyane française, je ne puis cependant m'abstenir de parler un peu des collections les plus importantes faites dans la Guyane hollandaise et la Guyane anglaise.

Les grands voyages et les longues herborisations de Robert Schomburgk et de Richard Schomburgk à la Guyane anglaise et dans les parties limitrophes du Venezuela et des provinces septentrionales du Brésil (1835 jusqu'à 1843) sont à mentionner au premier rang. C'est la plus importante exploration de la région guyanaise que la science ait à enregistrer. Plus de sept années de voyages, de lointaines excursions jusqu'aux sources de l'Orénoque et à celles du Rio Branco, le parcours de toutes les grandes rivières de la Guyane anglaise, donnent un intérêt de premier ordre à ce grand voyage. La collection botanique dépasse trois mille espèces. C'est sans doute Londres qui possède la plus complète, mais le Muséum de Paris en possède un très bel exemplaire, don précieux du collecteur.

La collection Hostmann et Kappler faite à la Guyane hollandaise principalement de 1839 à 1850 est, après la collection de Schomburgk, la collection botanique la plus considérable qui ait été faite dans les Guyanes. Elle monte à près de deux mille numéros, et a été répartie, grâce au nombre des échantillons, entre plusieurs grands herbiers d'Europe. Elle a été l'objet de studieuses déterminations de Miquel, et pour des familles spéciales, de Steudel, Hohenacker, Lindley, Kunze Ses numéros sont cités dans beaucoup d'ouvrages de botanique.

Le docteur Hostmann exerçait la médecine à Paramaribo en 1824, et envoyait des plantes à E. Meyer en 1825. En 1839 et

1840 il entreprit de longues et périlleuses excursions dans l'intérieur et résida quelque temps parmi les nègres bos.

M. Kappler associa ses explorations botaniques à celles d'Hostmann vers 1844, et, prolongeant son séjour à la Guyane après plusieurs années d'études botaniques, il se livra à d'importants travaux de colonisation, d'administration et de commerce, au Maroni. J'ai eu le plaisir de le voir au Maroni en 1857. Il prit part à l'expédition franco-hollandaise aux sources du Maroni en 1861, et ne quitta la Guyane qu'en 1879.

Les explorateurs botaniques principaux de la Guyane hollandaise ont été :

Rolander, 1754, au temps de Linné. — De Rohr, 1785. — Weigelt, 1827. — Focke, 1835. — Kegel, ... — Splitberger, 1838-41. — Hostmann, 1823-43. — Kappler, 1844-79. — Wulschlagel, 1849, dont la collection est dans l'herbier de Berlin.

Ceux de la Guyane anglaise ont été :

Rodschied, 1791. — Parker, 1824. — Robert Schomburgk et Richard Schomburgk, 1835-43. — Appun.

La suite des publications relatives à la botanique guyanaise, ou en notable partie relatives à elle, nous présente :

Barrère. — *Essai sur l'histoire naturelle de la France équinoxiale*, 1741.

Petit livre donnant quelques indications sommaires sur la Guyane française, la géographie, son agriculture, ses animaux sauvages et ses plantes principales et plus connues des colons.

Fusée Aublet. — *Histoire des plantes de la Guyane française*, 1775, quatre volumes in-4°, dont deux de figures.

Ouvrage fondamental, d'un intérêt qui ne vieillit pas, contenant 200 figures.

Vahl. — *Quelques espèces guyanaises sont décrites dans : Eclogæ plantarum americanarum*, 1796.

Richard. — *Catalogue de plantes envoyées de Cayenne* par le docteur Leblond en 1802.

Petit mémoire très concis, où sont décrites quelques espèces nouvelles ; a paru dans les *Act. soc. d'hist. nat.*, Paris, 1792, et a été reproduit résumé en allemand.

Quelques plantes de Guyane ont été décrites dans Desvaux, *Journal de botanique*.

Poiteau. — *Mémoire sur les Lécythidées*.

G. Meyer. — *Primitiæ floræ Essequeboensis*, 1818.

Ern. Fr. Wilh. Meyer. — *Supplementum plantarum Surinamensium*, 1824.

Rudge. — *Plantarum guianæ rariorum icones et descriptiones*, 50 figures très belles. Londres, 1805.
G. Bentham. — Divers Mémoires sur les plantes de Schomburgk, et plus tard description de beaucoup de plantes guyanaises dans la monographie des Légumineuses.
Miquel. — *Stirpes surinamenses selectæ*. Leyde, 1850.
Montagne. — *Mémoires sur la Cryptogamie de la Guyane.*

La vaste publication du Prodrome de de Candolle renferme un nombre très considérable de plantes guyanaises, classées dans la série méthodique des familles.

Walpers (*Repertorium et Annales*) a inscrit avec leur diagnose ou leur description un nombre notable de plantes guyanaises décrites dans diverses publications.

Kunth a publié beaucoup de plantes guyanaises monocotylédones dans l'*Enumeratio plantarum*. Il en a été décrit aussi un bon nombre dans le Synopsis des Glumacées de Steudel.

La grande publication de la flore du Brésil, pays dont les provinces septentrionales se fondent avec la végétation guyanaise, renferme un certain nombre de plantes des Guyanes qui démontrent surtout l'extension au sud et au sud-ouest des types guyanais.

La flore des Antilles anglaises de Grisebach (*Flora of the Bristish West Indian Islands*), qui comprend au sud la Trinité, a montré leur extension dans les Antilles.

On peut citer parmi les monographies dans lesquelles on a décrit des espèces guyanaises :

Les monographies successives des Mélastomacées de Humboldt et Bonpland, Don, Naudin, Triana;

La monographie des Malpighiacées de A. de Jussieu;

L'histoire des Palmiers de Martius;

Les Mimosées; la revision du genre Cassia, les Légumineuses de Bentham;

Les Podostémacées de Weddell;

Les Bignoniacées de Bureau;

Les Guttifères de Planchon et Triana;

Divers mémoires monographiques de Planchon, Tulasne;

Les Térébinthacées de Marchand;

Les mémoires de Radlkofer sur les Sapindacées.

Il serait déplacé de présenter avec quelque développement dans cet avant-propos, les considérations de physiologie végétale que suggère l'étude de la végétation guyanaise.

Le cachet du climat est la prédominance de la chaleur et de l'humidité sur la radiation solaire et sur la richesse du sol en engrais azotés et phosphatés. La formule la plus générale de la végétation est la prédominance du ligneux sur la matière azotée.

Les plantes y présentent le minimum de racines par rapport au développement des tiges, le moindre développement des feuilles par rapport au tronc et aux rameaux ligneux, la plus rare floraison au moins pour les arbres.

La splendide végétation de la forêt se détruit vite par le défrichement le plus sommaire, c'est-à-dire l'abatage des arbres et leur combustion à la fin de la saison sèche, puis quelques sarclages à la houe et au sabre d'abatis.

Elle se répare plus ou moins vite, suivant que le sol est meilleur ou plus pauvre, et que la culture a été plus courte ou prolongée plus longtemps.

Après la destruction de la forêt, les souches restées vivantes des arbres, des arbustes et des lianes, ne repoussent qu'avec une faible persistance, et sont détruites assez facilement par le sarclage.

Alors apparaissent diverses plantes herbacées ou subherbacées vulgaires, dont les graines existaient dans le sol de la forêt. Elles se multiplient pendant la culture et dans les premières années de son abandon, puis sont étouffées graduellement par un retour de la végétation ligneuse, représentée d'abord par des espèces vulgaires, à pousse rapide et à bois mou, puis, quand l'ombre est rétablie et que le sol, tassé et appauvri, a été travaillé par les premières racines, par le retour graduel des grands arbres, dont les graines sont apportées surtout par les oiseaux.

J'ai souvent admiré comment sur le sol appauvri et découvert d'anciennes cultures abandonnées languissaient, dans une

lenteur de pousse incroyable, quelques jeunes pieds perdus de grands arbres, que je reconnaissais à leurs feuilles.

Un caractère assez général de la végétation guyanaise est de se prêter sans souffrir à l'inondation temporaire du sol pendant les grandes pluies et les débordements des fleuves. Savanes ou forêts peuvent souvent supporter une inondation de plusieurs mois.

Cependant, dans les sols trop humides, les essences forestières sont peu ou médiocrement variées et c'est, comme on dit, dans les terres hautes que la végétation forestière offre la plus grande richesse.

En toute saison on trouve des fleurs à la Guyane, mais on en trouve toujours peu à la fois. Sur un grand nombre d'arbres on n'en rencontre que quelques-uns en fleur.

Pour beaucoup de grands arbres et de hautes lianes la floraison ne peut se produire que quand la plante est arrivée à toute sa taille, et ne se produit qu'une année sur plusieurs.

La pousse active des herbes et des plantes basses commence au retour des pluies. Les grands arbres n'entrent en sève que longtemps après. Leur plus forte pousse n'arrive souvent qu'au commencement de la sécheresse.

C'est au retour des pluies que l'on trouve le plus de grands arbres en fleur.

Quoique la forêt garde une éternelle verdure, chaque arbre a des temps de pousse et de repos successifs, d'autant plus marqués que le sujet est plus vieux. J'ai vu une fois un énorme pied de *Couratari guyanensis* rester pendant plus d'une année comme mort, sans feuilles, ni fleurs, puis entrer en sève tout à coup.

Sur un sol fertile, notamment dans les terres hautes ferrugineuses, les arbres fleurissent plus souvent.

C'est dans les années où la saison sèche a été le plus prononcée qu'on observe le plus de floraison d'arbres.

Les épiphytes qui croissent sur le tronc et les branches des arbres ne sont pas privées de terre, ou plutôt de terreau végétal. Le travail des insectes, qui pullulent sur la cime des

arbres, et la décomposition du bois par la pourriture font tomber sans cesse une poussière de bois pourri, qui s'accumule autour de leurs racines. Quand on les détache, on trouve toujours à leur souche une ou plusieurs poignées de terreau.

On distingue facilement dans la végétation de la Guyane une région littorale maritime, dont les espèces se prolongent sur la côte du Brésil, de la Colombie, de l'isthme et des Antilles, et une région intérieure forestière.

Dans celle-ci, se dessinent de légères nuances de diversité dans les premiers plateaux, dans les chaînes de grands coteaux, au voisinage des premiers sauts, dans le haut des rivières et le voisinage de leur source, à l'affleurement de certaines couches géologiques. Des variations, même assez légères, d'humidité, de nature de sol, d'éloignement ou de rapprochement de la côte, font prédominer certaines espèces,

On trouve beaucoup plus de plantes en se déplaçant qu'en restant à la même résidence.

La végétation des savanes change beaucoup de l'une à l'autre. Les plus riches sont celles qui reposent sur un sol tourbeux ou sur le sable.

La partie supérieure du cours des rivières avec ses affleurements de roches dures, son sol accidenté, ses îlots épars au milieu des eaux, est particulièrement favorable aux belles herborisations, mais on y arrive assez péniblement, et l'on ne peut guère y prolonger son séjour, parce qu'on n'y trouve pas d'habitations. L'exploitation de l'or y amène cependant aujourd'hui les mineurs, et cette région, jadis si mal connue, commence à être fréquentée.

Cet avant-propos est bien incomplet, mais, lorsque le catalogue sera achevé, je pourrai ajouter à la suite de l'énumération des espèces quelques pages de considérations générales, qui répareront les principales omissions, comme aussi un errata, qu'il faut prévoir en commençant un travail si difficile.

Un catalogue d'espèces présente cette difficulté, qu'on ne peut l'écrire sans paraître formuler une opinion sur beaucoup

de questions de classification qu'on n'a cependant que peu ou point étudiées, comme délimitation et coordination des familles et des genres, ordre rationnel d'exposition des espèces. C'est au bon sens du lecteur à corriger ce qu'il peut y avoir d'apparence d'une opinion formelle, là où il n'y a souvent qu'une simple nécessité d'ordre de rédaction.

Pour la coordination des Familles j'ai simplement suivi le Prodrome, pensant que tous mes lecteurs l'ont entre les mains, et que c'est au Prodrome surtout que renvoie tacitement un catalogue, où un grand nombre d'espèces ne sont indiquées que par leur nom seulement.

J'ai donné aussi peu de synonymie que possible.

Dans l'énumération des espèces d'un même genre, je me suis souvent affranchi de l'ordre rationnel des sections, pour suivre des ressemblances d'apparence extérieure.

Je n'ai admis comme espèces que des plantes bien absolument distinctes. L'observation sur la nature vivante m'a montré sur plusieurs espèces guyanaises vulgaires de légères variations individuelles, qu'il faut se garder de prendre pour des espèces.

Je n'ai établi qu'un très petit nombre d'espèces nouvelles.

Je ne puis terminer cet avant-propos sans exprimer ma profonde reconnaissance aux professeurs et aide-naturalistes du Muséum de Paris, dont la précieuse bienveillance m'a fourni tant d'excellentes indications et m'a guidé dans les immenses collections dont elle m'ouvrait l'accès.

J'adresse mes remerciements les plus vifs à M. Bentham, à M. de Candolle, à M. Radlkofer, à M. Triana, qui m'ont fourni avec une obligeance parfaite beaucoup de renseignements précieux auxquels leur haute compétence donnait tant de prix.

J'adresse le même hommage de gratitude à la mémoire de Martius, de Grisebach et de Miquel.

Ce n'est qu'en terminant ce catalogue que je pourrai donner plus de précision et d'extension à ces témoignages d'une reconnaissance si légitime.

Dijon, mars 1881.

DILLENIACEÆ

Tetracera tigarea DC. *Tigarea aspera* Aubl., t. 350. *Tetr. rotundifolia* Sm.

T. ovalifolia DC. *Tetr. grandiflora* Eichl. *Fl. bras.*, var. *Tetr. asperula* Miquel.

In Herbario Prodromi duo species sub nomine *T. ovalifoliæ* conservantur; ea mihi vera *T. ovalifolia* visa fuit quæ folia fert bene ovata, nec ovato-rotundata, flores majores et aspectum tabulæ Delessert icon. sel. conformem. Legi abundantem in solo arenoso Mana folia in vivo vernicoso-lucida. Sag., coll., n° 14.

T. surinamensis Miquel, *Sert. Surin. tab.*

In sylvis, rara. Folia his *Tetr. ovalifoliæ* majora, nervis lateralibus numerosioribus, rectis, parallelis.

T. tomentosa DC. verosimiliter syn. *Tigarea aspera* Aubl. tab. 351, quanquam folia nimis dentata delineantur, et non satis magna. *Tetr. costata* Mart. *Fl. bras. tab.*

Species pulchra, folia in ramis vigentibus maxima præbens, nervis lateralibus prominulis rectis numerosis insignia, subtus (ut et panicula florida) breviter pubescentia.

In sylvis rara. Specimina mascula usque adhuc tantum lecta. Sagot, n° 17.

Curatella americana L.

Doliocarpus Rolandri Gmel. *Dol. strictus* Poiret. *Delima guianensis* Rich. ex Herb. Rich.! *D. aspericaulis* St-Hil. (*Cur. alata* Vent. Prodr. est *Davilla marginata* Eichl. *Dav. wormiæfolia* Baill.).

Tegumentum fructus coriaceo-membranaceum, arilla carnosa. Florem vidi vivum atrorubentem ad Maroni.

D. semidentatus Garcke. *Tetr. cuspidata;* Meyer *Delima dasyphylla* Miquel.

Rara in Guyana gallica, Poiteau legit. Herb. Mus. Par.

Species insignis foliis subtus sericeo-pubescentibus dentatis, ramis lignosis gracilibus; floribus parvis, numerosissimis, longe pedicellatis, e ligno ramulorum enatis.

D. brevipes Garcke.

In Guyana gallica solus Perrottet legit. Affinis *D. semidentato*, sed flores brevissime pedicellati, et folia subtus glabrescentia.

D. Calinea Gmel. *Calinea scandens* Aubl., t. 221.

Circa Mana solo arenoso abundantem legi, n° 1155, coll. Sagot.

Var. foliis firmioribus, floribus brevissime pedicellatis, circa Karouany legi.

D. Soramia DC. *Soramia guyanensis* Aubl., t. 219. Omni parte *Dol. calineæ* major; flores longe pedicellati.

Maroni, Mélinon legit. Videtur bene conformis tab. Aubletii, qui plantam ad Sinamary legerat.

D. virgatus Sagot.

Rami lignosi, validi, recti, virgati. Folia media magnitudine, obovali-oblonga, integra aut apice paululo denticulata, breviter petiolata, superne glabrescentia, inferne breviter tomentoso-puberula, reticulata. Nervi laterales, recti, numerosi. Flores breviter pedicellati, ad axillam foliorum (aut infra folia e ligno ad axillam foliorum delapsorum) glomerati, pedicello crasso bracteolato. Sepala calicis ovata, subacuminata, parce pilosa. Petala ignota.

Ovarium tomentosum; fructus junior tomentosus. Folium 12 cent. long., 5 latum.

Rara, Perrottet, Herb. Mus. Par. Mélinon ad Maroni legit.

Specimina herbarii imperfecta, sed aspectu peculiari facile agnoscenda.

Davilla brasiliana DC. *D. rugosa* Poiret; *D. Kuntii*; *D. pilosa* Miquel; *D. asperrima* Splitg.

Nomen Miquelii, quanquam posterius mihi anteponendum videtur, eo quod folia multa minus aspera sunt quam folia *Dav. brasilianæ*, et eo quod pili hirsuti in ramulis et nervis foliorum abundantes, optimum caracterem specificum præbent. *Dav. pilosa* aspectu subsimilis est *Delimæ sarmentosæ* Asiæ. Calidioris incolæ.

D. marginata Eichl. *Fl. bras.*, tab.; *D. wormiæfolia* Baill. *Curatella alata* Vent. *Prodr.*

Species robusta, insignis petiolis alato-marginatis, foliis magnis, nervis lateralibus rectis prominulis numerosis, floribus magnis, ovario carpellis duobus sæpius constituto.

Species rara. Martin collegit prior, nuper Mélinon legit ad Maroni.

Petalorum colorem non novi.

In omnibus Dilleniaceis quas vivas in Guyana observavi petala tenuia, partim abortiva, notavi, et flores sæpe odoratos. In *Tetraceris* petala alba, in *Davilla brasiliana* et *Dav. pilosa* petala aureo-lutea, vidi.

In *Tetraceris* arilla carnosula, laciniato-reticulata, in *Dav. pilosa* arilla continua, carnoso-aquosa.

Polygamia in *Tetraceris* plus minus manifesta. In speciminibus masculis flores sæpe numerosiores, brevius pedicellati, aut pedicello graciliori suffulti.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

ORGANOGRAPHIE, ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

FLORES ET GÉOGRAPHIE BOTANIQUE.

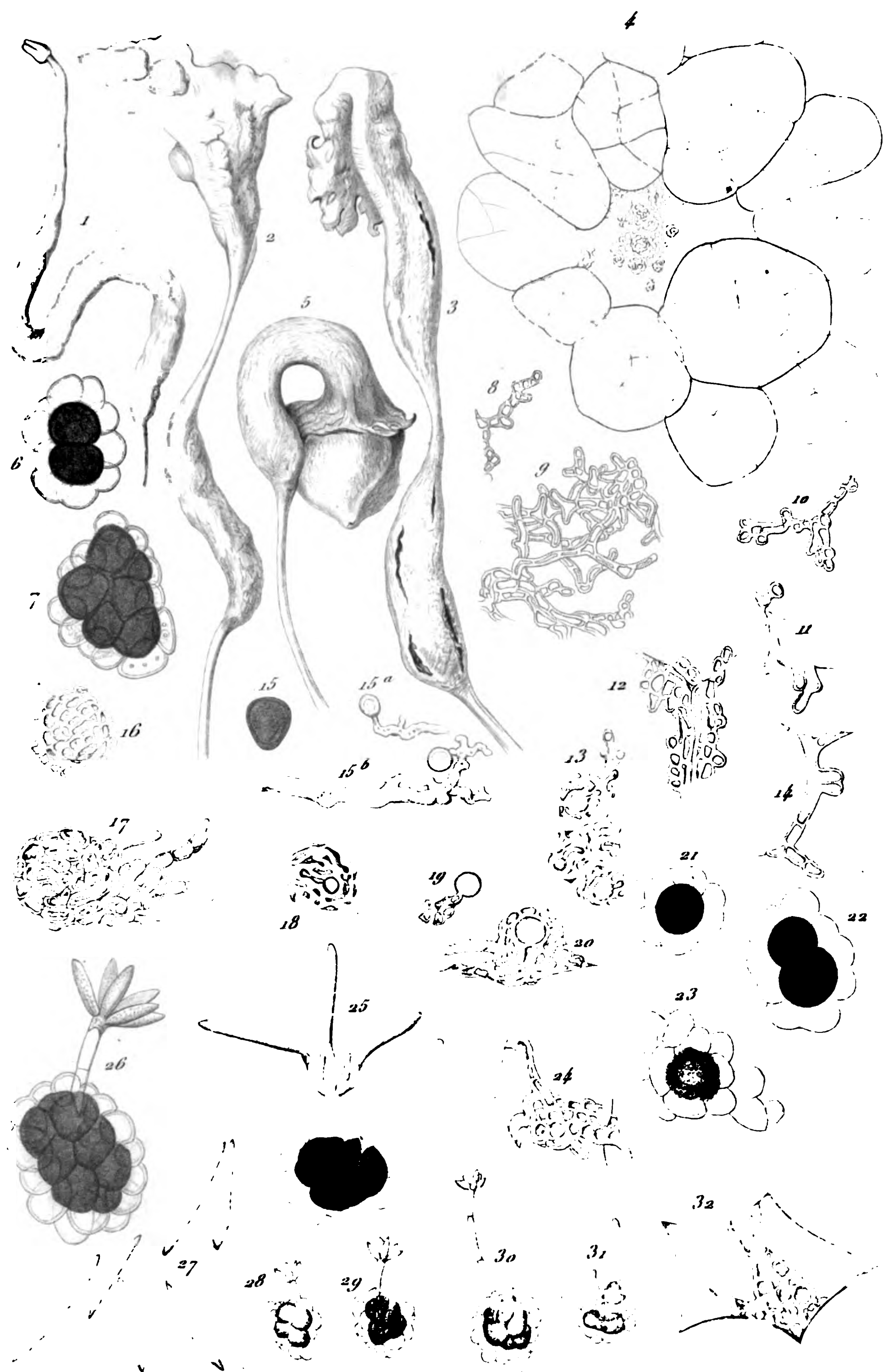
TABLE DES MATIÈRES

PAR NOMS D'AUTEURS.

TABLE DES PLANCHES

RELATIVES AUX MÉMOIRES CONTENUS DANS CE VOLUME.

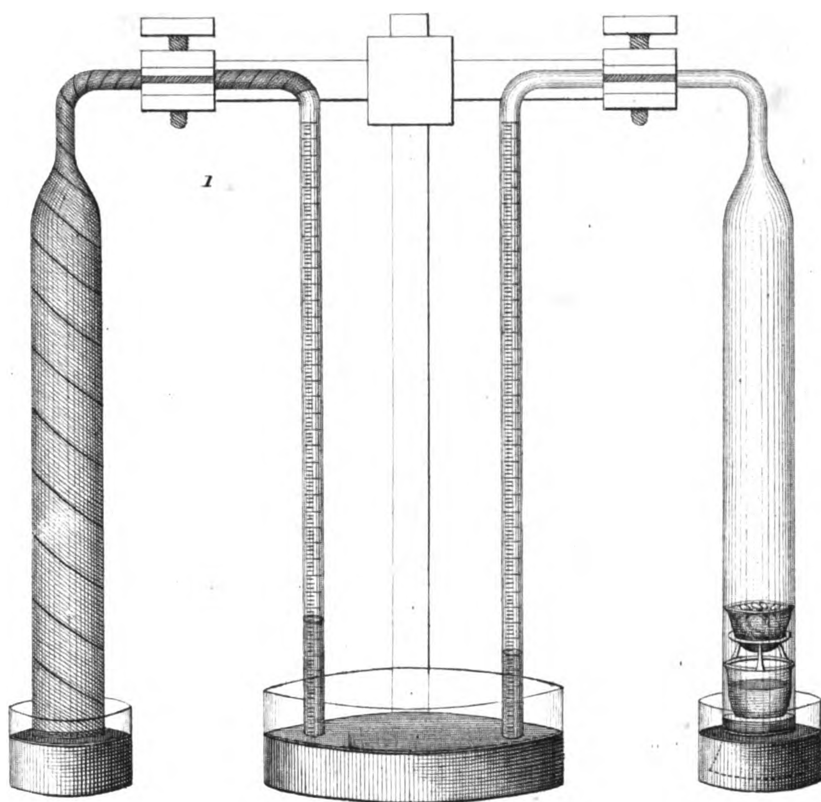
PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2

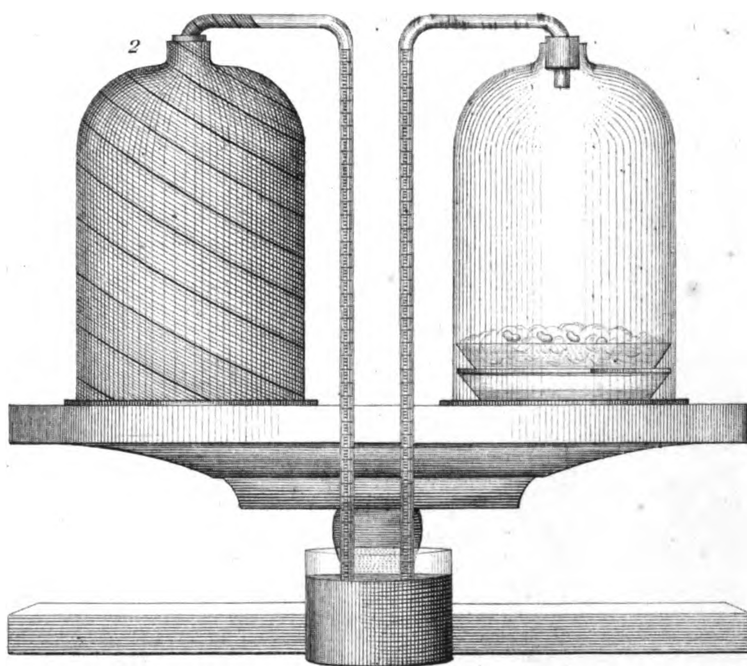


E. P. del. Pierre sc.

Germination des spores des Urocystis.

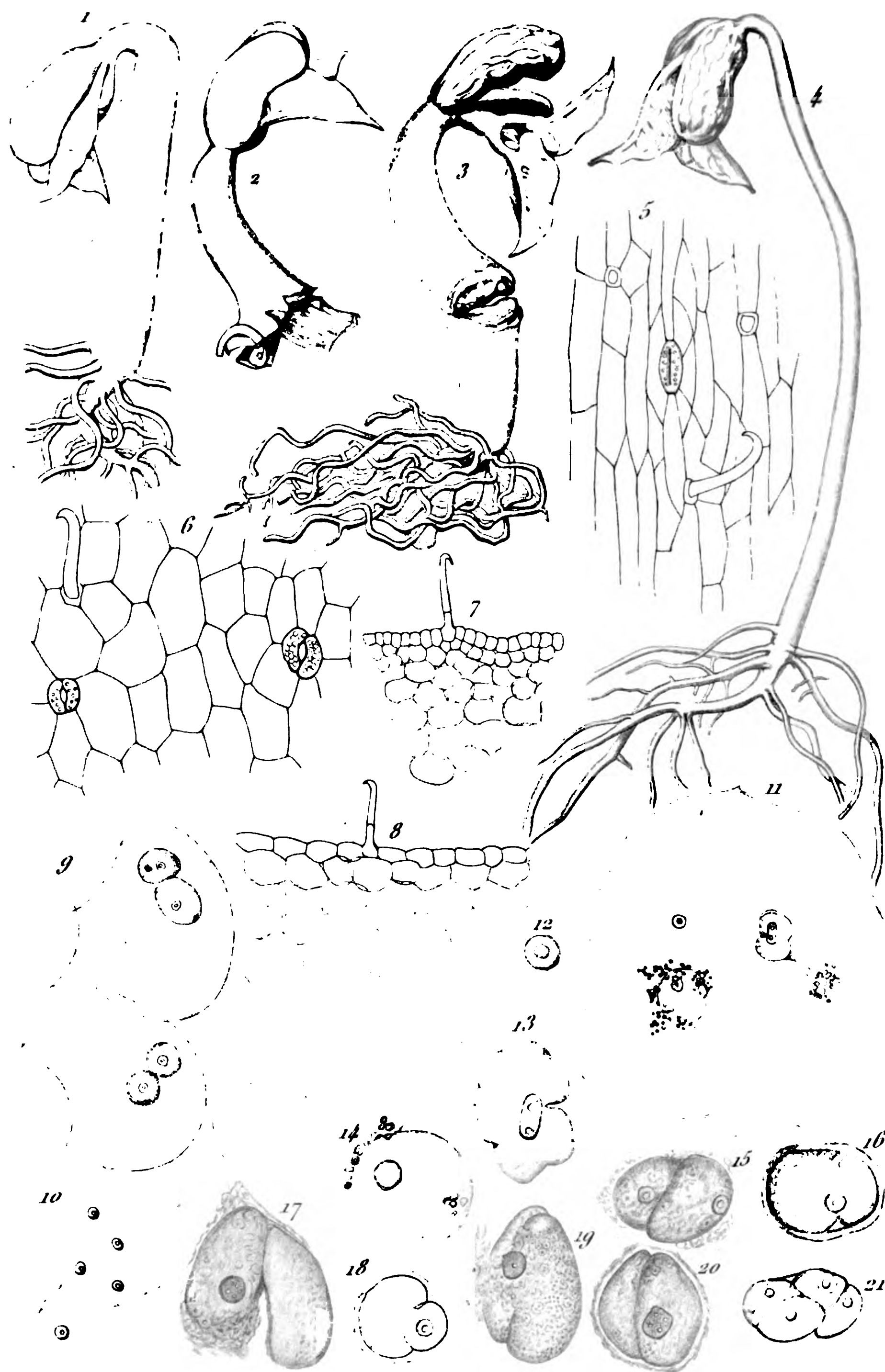
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15. Paris.





Appareils pour le dosage de l'Oxygène et de l'Acide carbonique exhalés par les graines.

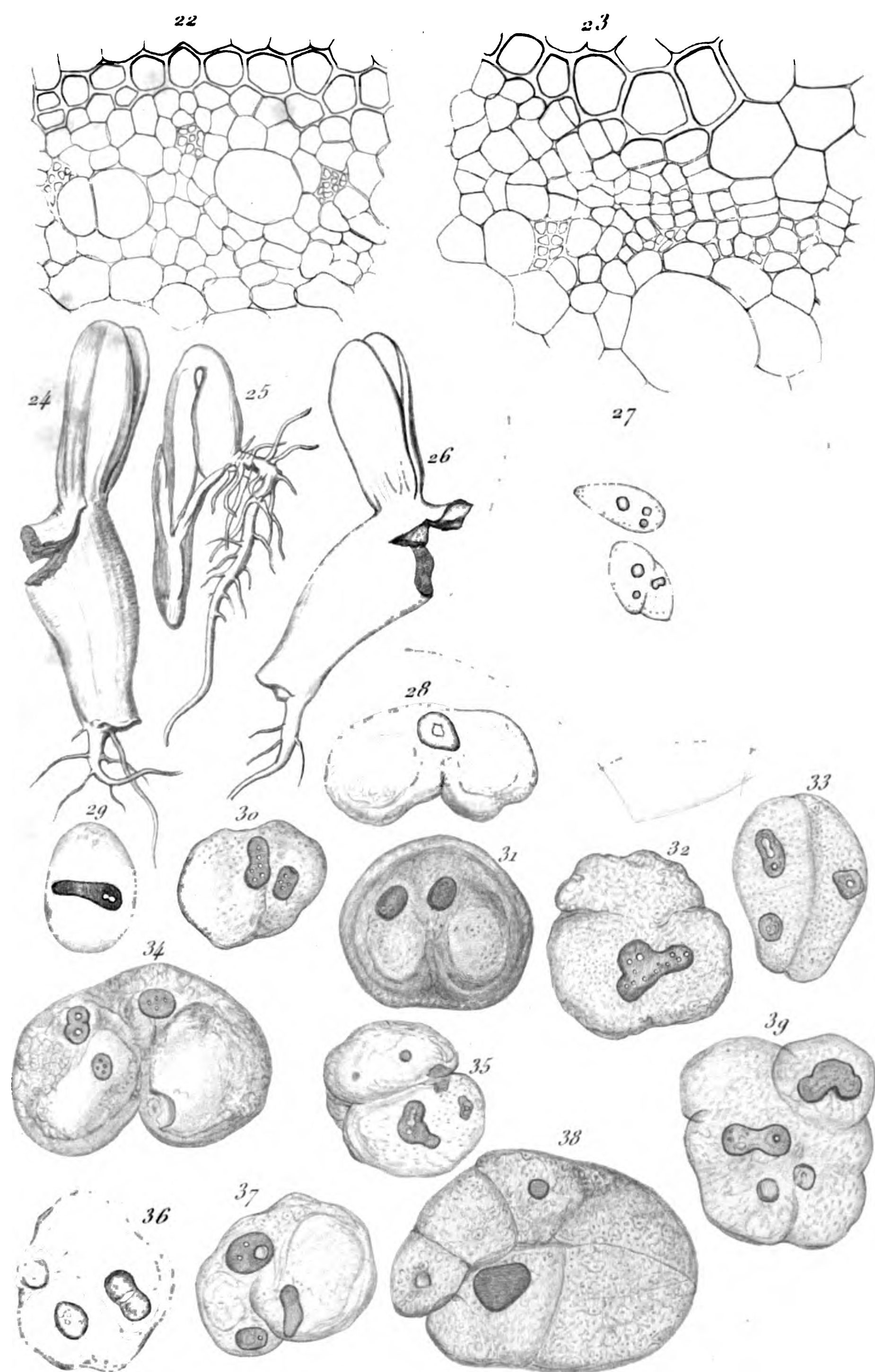
Imp. Becquet, Rue des Noyers, 37. Paris.



Prillx del. Pierre sc.

Altérations des tissus chez les Plantes surchauffées.

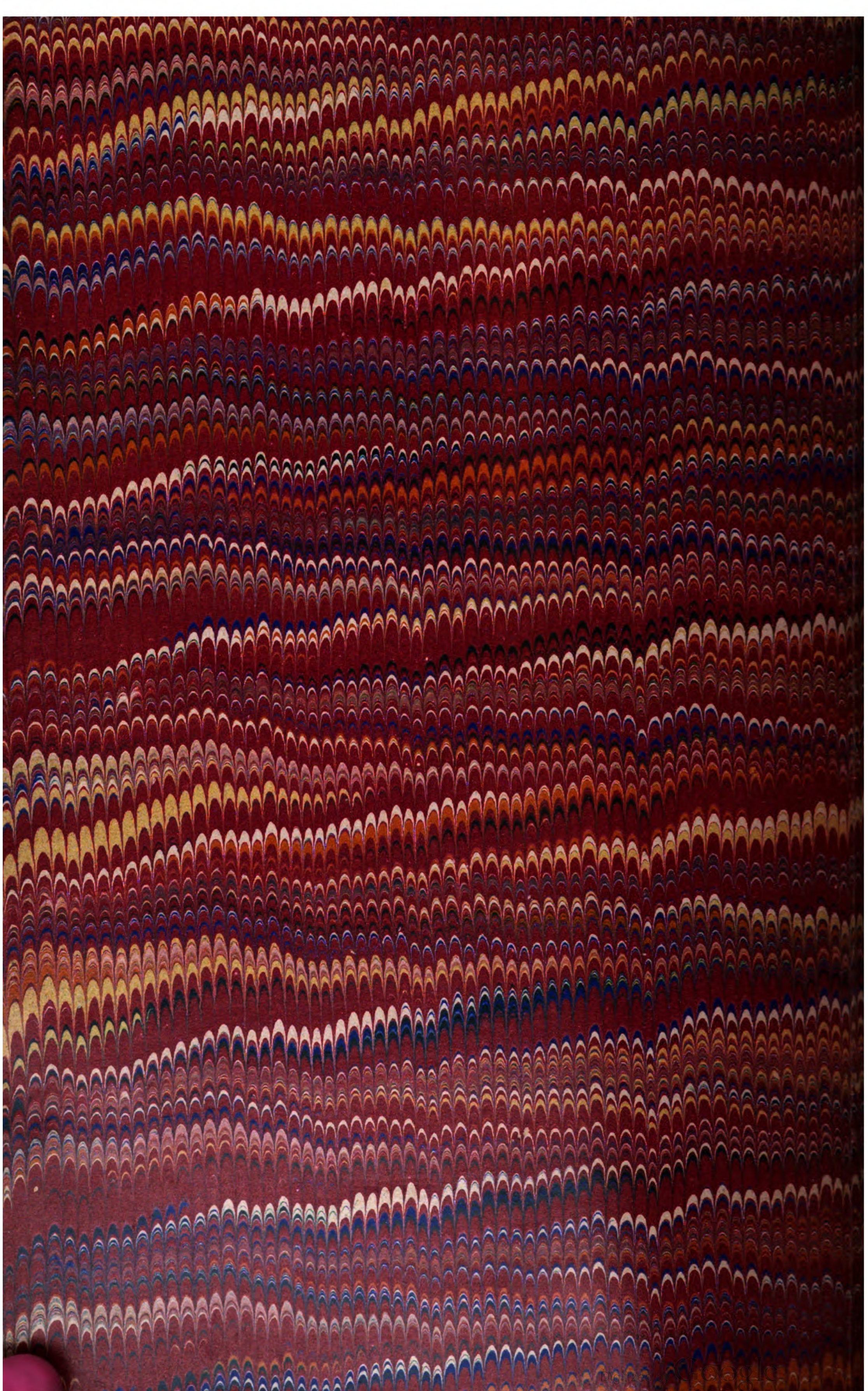
Imp. A. Salmon Paris

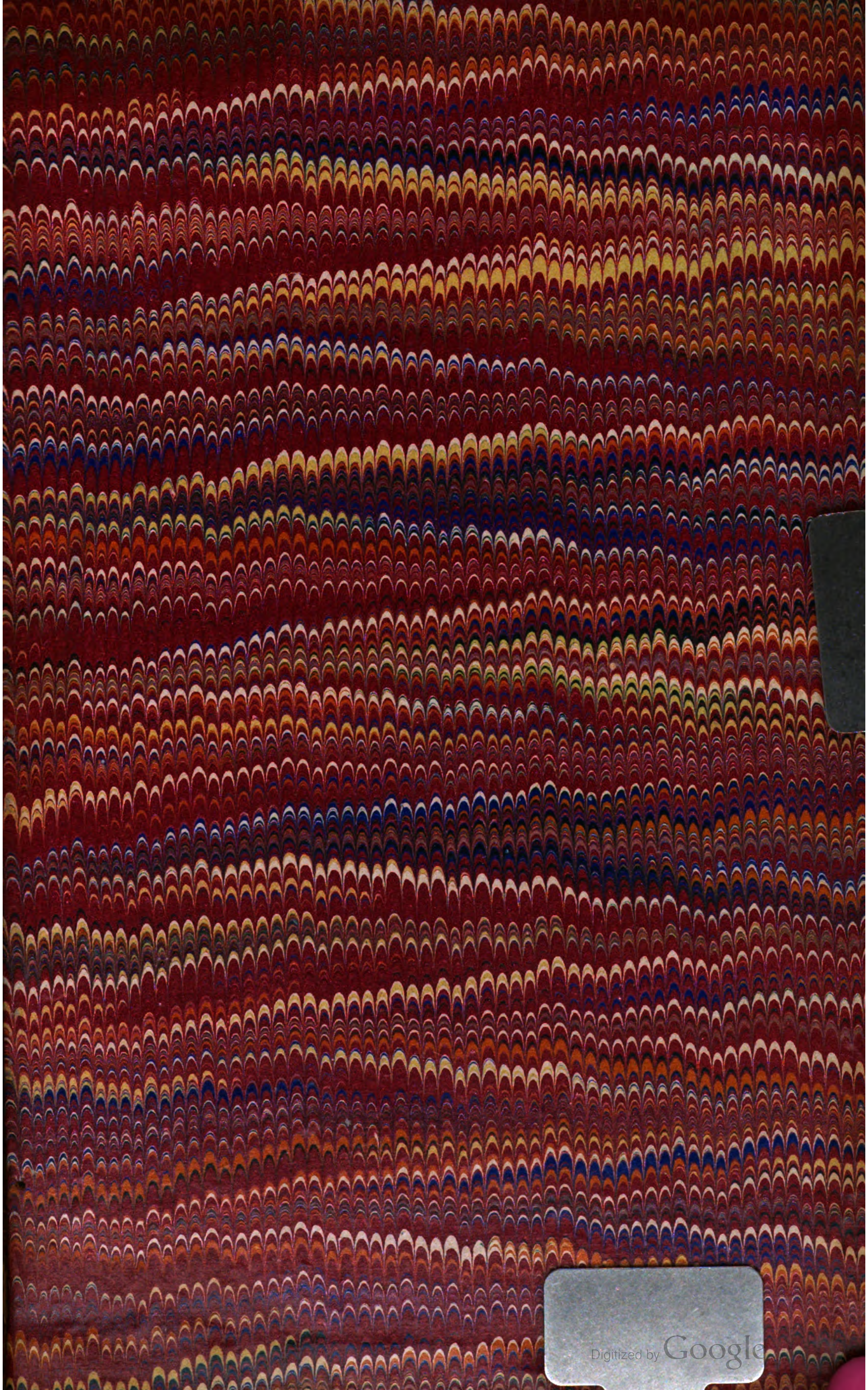


Prillx del. Pierre sc.

Altérations des tissus chez les Plantes surchauffées

Imp. A. Salmon, Paris.




Digitized by Google

